



HANDBUCH FÜR EISENBETONBAU

ZWEITE AUFLAGE

HANDBUCH
FÜR
EISENBETONBAU

ZWEITE NEUBEARBEITETE AUFLAGE

**IN ZWÖLF BÄNDEN
UND EINEM ERGÄNZUNGSBANDE**

HERAUSGEGEBEN VON

DR. INGENIEUR F. VON EMPERGER

K. K. OBERBAURAT, REGIERUNGSRAT IM K. K. PATENTAMT IN WIEN

ZWÖLFTER BAND

SILOS :: LANDWIRTSCHAFTLICHE BAUTEN



BERLIN 1913

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

GEBÄUDE FÜR BESONDERE ZWECKE II

ZWÖLFTER BAND DES HANDBUCHES FÜR EISENBETONBAU

===== ZWEITE AUFLAGE =====



== SILOS ==
LANDWIRTSCHAFTLICHE BAUTEN

BEARBEITET VON

S. SOR :: L. HESS

MIT 591 TEXTABBILDUNGEN



BERLIN 1913

VERLAG VON WILHELM ERNST & SOHN

S. 03

S. 83

S. 96

S. 05

S. 30



11751

Nachdruck, auch auszugsweise, verboten.
Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen,
vorbehalten.

Copyright 1913
by Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag, Berlin.



KURZE INHALTSÜBERSICHT

der **ersten** Auflage des

HANDBUCHES FÜR EISENBETONBAU.

Erster Band: Entwicklungsgeschichte. Theorie des Eisenbetons. (*Vergriffen, siehe unter 2. Aufl. I. Band.*)

Zweiter Band: Der Baustoff und seine Bearbeitung. (*Vergriffen, siehe unter 2. Aufl. II. Band.*)

Dritter Band: Bauausführungen aus dem Ingenieurwesen.

1. TEIL: Grund- und Mauerwerksbau. Wasserbau und verwandte Anwendungen. (Uferbefestigungen. Wehre und Staumauern. Schleusen. Leuchttürme und Leuchtbaken. Hellinge und Schiffsfahrzeuge.) (*Vergriffen, siehe unter 2. Aufl. III. und IV. Band.*)
2. TEIL: Wasserbau und verwandte Anwendungen. (Flüssigkeitsbehälter. Röhrenförmige Leitungen und offene Kanäle. Aquadukte und Kanalbrücken.) Bergbau. Tunnelbau. Stadt- und Untergrundbahnen. (*Vergriffen, siehe unter 2. Aufl. V. und VII. Band.*)
3. TEIL: Brückenbau. Eisenbahnbau. Anwendungen im Kriegsbau. (*Vergriffen, siehe unter 2. Aufl. VI. und VII. Band.*)

Vierter Band: Bauausführungen aus dem Hochbau und Baugesetze.

1. TEIL: Hochbaukonstruktionen.
 1. Lieferung: Sicherheit gegen Feuer, Blitz und Rost. (*Siehe unter 2. Aufl. VIII. Band.*)
Der innere Ausbau. Die Treppen. Kragbauten. (*Vergriffen, siehe unter 2. Aufl. IX. Band.*)
 2. Lieferung: Dachbauten. Kuppelgewölbe. (*Ist in erster Auflage noch vorhanden.*)
2. TEIL: Gebäude für besondere Zwecke.
 1. Lieferung: Silos. (*Siehe unter 2. Aufl. XII. Band.*)
Hohe Schornsteine. Fabriken und Lagerhäuser. (*Ist in erster Auflage noch vorhanden.*)
 2. Lieferung: Anwendungen im landwirtschaftlichen Bauwesen. (*Siehe unter 2. Aufl. XII. Band.*)
Saal- und Versammlungsbauten. Geschäftshausbau. (*Ist in erster Auflage noch vorhanden.*)
3. TEIL: Bestimmungen für die Ausführung von Eisenbetonbauten. Bauunfälle. (*Ist in erster Auflage noch vorhanden.*)

Zur ersten und zweiten Auflage:

Erster Ergänzungsband:

Die künstlerische Gestaltung der Eisenbetonbauten. Bearbeitet von E. von Mecenseffy,
Professor an der Technischen Hochschule in München.

Folgende Neueinteilung

ist für die zweite Auflage vorgesehen, deren einzelne Bände erscheinen sollen,
nachdem die entsprechenden Bände der ersten Auflage vergriffen sein werden.

Erster Band: Entwicklungsgeschichte und Theorie des Eisenbetons.

(Erschien im Jahre 1912.)

- I. Kapitel. Die Grundzüge der geschichtlichen Entwicklung des Eisenbetons. Bearbeitet von M. Foerster, Professor an der Kgl. Sächs. Technischen Hochschule in Dresden.
- II. Kapitel. A. Druckfestigkeit des reinen, bewehrten und umschnürten Betons.
B. Versuche mit Säulen und Ihre Berechnung. Bearbeitet von Dr. Max R. v. Thullie, k. k. Hofrat, Professor an der Technischen Hochschule in Lemberg.
- III. Kapitel. Versuche mit Gewölben. Bearbeitet von Dr.-Ing. A. Kleinlogel, Privatdozent an der Technischen Hochschule in Darmstadt.
- IV. Kapitel. Theorie des Gewölbes und des Eisenbetongewölbes im besonderen. Bearbeitet von J. Melan, k. k. Hofrat, o. ö. Professor an der Deutschen Technischen Hochschule in Prag.
- V. Kapitel. Versuche auf dem Gebiete des Eisenbetonbaues namentlich mit Balken. Bearbeitet von Ingenieur O. Graf in Zuffenhausen bei Stuttgart.
- VI. Kapitel. Theorie des Eisenbetonbalkens. Bearbeitet von Dr.-Ing. Ph. Völker und Dipl.-Ing. E. Richter i. Fa. Grtn u. Bilfinger, A.-G., Tiefbauunternehmung in Mannheim.

Zweiter Band: Der Baustoff und seine Bearbeitung. *(Erschien im Jahre 1911.)*

- I. Kapitel. Baustoffe. Bearbeitet von Dipl.-Ing. K. Memmler und H. Burchartz, Ingenieur, ständige Mitarbeiter am Königl. Materialprüfungsamt in Groß-Lichterfelde-West.
- II. Kapitel. Betonmischmaschinen. Bearbeitet von H. Albrecht, Ingenieur in Berlin.
- III. Kapitel. Transportvorrichtungen. Bearbeitet von R. Janesch, beh. aut. Bauingenieur in Wien.
- IV. Kapitel. Vorrichten und Verlegen des Eisens. Bearbeitet von R. Janesch, beh. aut. Bauingenieur in Wien.
- V. Kapitel. Betonierungsregeln. Bearbeitet von R. Janesch, beh. aut. Bauingenieur in Wien.
- VI. Kapitel. Schalung im Hochbau. Bearbeitet von O. Rappold, Regierungsbaumeister in Stuttgart.
- VII. Kapitel. Schalung bei Balkenbrücken. Bearbeitet von O. Rappold, Regierungsbaumeister in Stuttgart.
- VIII. Kapitel. Schalung bei Bogen. Bearbeitet von Dr. techn. A. Nowak, Professor an der Deutschen Technischen Hochschule in Prag.

Dritter Band: Grund- und Mauerwerksbau. *(Erschien im Jahre 1910.)*

- I. Kapitel. Grundbau. Bearbeitet von Dr. Ing. F. v. Emperger, k. k. Oberbaurat, Regierungsrat im k. k. Patentamt in Wien.
- II. Kapitel. Mauerwerksbau. Bearbeitet von Dozent Dr. techn. A. Nowak, k. k. Oberingenieur im Eisenbahnministerium in Wien, jetzt Professor an der Deutschen Technischen Hochschule in Prag.

Vierter Band: Wasserbau. (*Erschien im Jahre 1910.*)

- I. Kapitel. **Uferbefestigungen.** Bearbeitet von F. W. Otto Schulze, Professor an der Technischen Hochschule in Danzig.
- II. Kapitel. **Schleusen.** Bearbeitet von F. W. Otto Schulze, Professor an der Technischen Hochschule in Danzig.
- III. Kapitel. **Leuchttürme und Leuchtbaken, Hellinge, Schiffsgefäße.** Bearbeitet von F. W. Otto Schulze, Professor an der Technischen Hochschule in Danzig.
- IV. Kapitel. **Wehre.** Bearbeitet von F. W. Otto Schulze, Professor an der Technischen Hochschule in Danzig.
- V. Kapitel. **Staudämme und Talsperren.** Bearbeitet von Dipl.-Ing. L. Kauf, techn. Bureauchef der Firma Wayss u. Freytag A.-G. in München.

Fünfter Band: Flüssigkeitsbehälter, Röhren, Kanäle. (*Erschien im Jahre 1910.*)

- VI. Kapitel. **Flüssigkeitsbehälter.** Bearbeitet von Ingenieur R. Wuczkowski in Wien.
- VII. Kapitel. **Röhrenförmige Leitungen und offene Kanäle, Aquadukte und Kanalbrücken.** Bearbeitet von Regierungsbaumeister a. D. Lorey, Stadtbaurat in Zeitz.

Sechster Band: Brückenbau. (*Erschien im Jahre 1911.*)

- I. Kapitel. **Balkenbrücken.** Bearbeitet von Regierungsbaumeister a. D. Dr.-Ing. W. Gehler, stellvertretender Direktor der Firma Dyckerhoff u. Widmann A.-G., Privatdozent an der Kgl. Sächs. Technischen Hochschule in Dresden, jetzt Professor an der Technischen Hochschule in Dresden.
- II. Kapitel. **Bogenbrücken.** Bearbeitet von Dipl.-Ing. Th. Gesteschi, Zivilingenieur in Berlin.
- III. Kapitel. **Die Anwendungen des Eisenbetons im Eisenbrückenbau.** Bearbeitet von O. Colberg, Regierungsbaumeister a. D., Professor für das technische Vorlesungswesen zu Hamburg und Lehrer am staatlichen Technikum daselbst.

Siebenter Band: Eisenbahnbau, Tunnelbau, Stadt- und Untergrundbahnen, Bergbau. (*Erschien im Jahre 1912.*)

- I. Kapitel. **Eisenbahnbalkenbrücken.** Bearbeitet von Homann, Regierungsbaumeister im Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Berlin, und Professor O. Colberg, Regierungsbaumeister a. D. in Hamburg.
Mit Anhang: Über einige auf Grund der „Vorläufigen Bestimmungen der Kgl. Eisenbahndirektion Berlin“ ausgeführte Bauten. Bearbeitet von J. Labes, Geheimer Baurat und Vortragender Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Berlin.
- II. Kapitel. **Eisenbahnschwellen.** Bearbeitet von Dr.-Ing. R. Bastian in Biebrich a. Rh.
- III. Kapitel. **Leitungen.** Bearbeitet von Dr.-Ing. R. Bastian in Biebrich a. Rh.
- IV. Kapitel. **Sonstige Anwendungen des Eisenbetons im Eisenbahnwesen.** Bearbeitet von Dr.-Ing. R. Bastian in Biebrich a. Rh.
- V. Kapitel. **Tunnelbau, Tunnellüftungs-Anlagen, Schutzgalerien.** Bearbeitet von Dr. techn. A. Nowak, Professor an der k. k. Deutschen Technischen Hochschule in Prag.
- VI. Kapitel. **Stadt- und Untergrundbahnen.** Bearbeitet von Dr. techn. A. Nowak, Professor an der k. k. Deutschen Technischen Hochschule in Prag.
- VII. Kapitel. **Bergbau.** Bearbeitet von B. Nast, Ingenieur in Frankfurt a. M.

Achter Band: Feuersicherheit. Bauunfälle. Bestimmungen. (*Das 1. Kapitel erschien als Lieferung 1 im Jahre 1913; betr. 2. und 3. Kapitel siehe erste Auflage IV. Band, 3. Teil.*)

- I. Kapitel. **Feuersicherheit.** Bearbeitet von Ingenieur H. Henne, Dozent an der Technischen Hochschule in Aachen.
- II. Kapitel. **Bauunfälle.** Bearbeitet von Dr. Ing. F. v. Emperger, k. k. Oberbaurat, Regierungsrat im k. k. Patentamt in Wien.
- III. Kapitel. **Bestimmungen.** Bearbeitet von O. Natorp, Geheimer Baurat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten in Berlin.

Neunter Band: Hochbau. I. (*Erschien im Jahre 1913.*)

- I. Kapitel. **Decken.** Bearbeitet von Professor P. Bastine in Karlsruhe.
- II. Kapitel. **Die Säulen.** Bearbeitet von Professor P. Bastine in Karlsruhe.
- III. Kapitel. **Die Mauern und Wände.** Bearbeitet von Professor P. Bastine in Karlsruhe.
- IV. Kapitel. **Treppen.** Bearbeitet von Dipl.-Ing. E. Elwitz in Düsseldorf.
- V. Kapitel. **Kragbauten.** Bearbeitet von R. Heim, Oberingenieur der Firma N. Rella u. Neffe in Wien.

Zehnter Band: Hochbau. II. (*Siehe erste Aufl. IV. Band, 1. Teil, 2. Lieferung.*)

- I. Kapitel. **Dachbauten.**
- II. Kapitel. **Kuppelgewölbe.** Bearbeitet von R. Kohnke, Professor an der Technischen Hochschule in Danzig.

Elfter Band: Gebäude für besondere Zwecke. I. (*Siehe erste Aufl. IV. Band, 2. Teil.*)

- I. Kapitel. **Geschäftshäuser.** Bearbeitet von O. Neubauer, Regierungsbaumeister in Berlin.
- II. Kapitel. **Saal- und Versammlungsbauten.** Bearbeitet von Dipl.-Ing. R. Thumb in München.
- III. Kapitel. **Fabrik- und Lagerhäuser.** Bearbeitet von F. Boerner, Ingenieur in Düsseldorf.
- IV. Kapitel. **Schornsteine.**

Zwölfter Band: Gebäude für besondere Zwecke. II. (*Erschien im Jahre 1913.*)

- I. Kapitel. **Silos.** Bearbeitet von S. Sor, Mitinhaber der Firma Wladimir de Hertza und Inginer S. Soru in Bukarest.
- II. Kapitel. **Landwirtschaftliche Bauten.** Bearbeitet von Dr. Ing. L. Hess, k. k. Professor in Brünn.

Zur ersten und zweiten Auflage:

Erster Ergänzungsband: (*Erschien im Jahre 1911.*)

- Die künstlerische Gestaltung der Eisenbetonbauten.** Bearbeitet von E. von Mecenseffy, Professor an der Technischen Hochschule in München.

Jeder Band besitzt ein **Sachverzeichnis**, das von Stadtbaurat a. D. E. Brugsch, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover, bearbeitet ist.

VORWORT ZUR ZWEITEN AUFLAGE DES ZWÖLFTEN BANDES.

Vor allem durch seine auch in der organischen Welt als Grundelement der Entwicklung anerkannte Anpassungsfähigkeit konnte sich der Eisenbeton das ziemlich ausgedehnte Konstruktionsgebiet des Silobaues in verhältnismäßig kurzer Zeitspanne fast gänzlich erobern.

Theorie und Praxis gingen auch hier Hand in Hand, sich gegenseitig unterstützend. Ein Bild davon gibt das vorliegende, jetzt in zweiter Auflage erscheinende Silokapitel, bearbeitet von Ingenieur S. Sor, Bukarest, worin sowohl der Theorie — unter Berechnung der Silos — als auch der Praxis — unter Beispiele von Ausführungen — Rechnung getragen wurde.

Beide Hauptabschnitte fanden möglichst übersichtliche Unterabteilungen; so sind z. B. im theoretischen Teil die sogenannten großräumigen und die Zellensilos getrennt behandelt worden, und eine ähnliche Gruppierung erfuhren wiederum die Ausführungsbeispiele, die mit Erz- und Kohlensilos, also mit großräumigen Silos beginnen, worauf dann die Zement- und Getreidesilos, die vornehmlich zellenartig ausgebildet werden, folgen.

Eine umfangreiche Zusammenstellung ausgeführter Silobauten mit jeweiliger Angabe der bauausführenden Firma sowie der Größenverhältnisse des Bauwerks und entsprechender Literaturquelle, wo dies möglich war, schließt das Kapitel ab.

Gegenüber der ersten Auflage, die 132 Seiten umfaßte, erhielt die vorliegende einen etwa anderthalbmal größeren Umfang, wobei die Zahl der Abbildungen von 179 auf 268 gewachsen ist. Neu hinzugekommen sind im theoretischen Teil in der Hauptsache: die Berechnung rechteckiger, auf drei Seiten aufliegender Platten, die Querschnittsbemessung einreihiger Silozellen sowie der Hinweis auf die Vorteile achteckiger Zellen und Trichter, während der die Ausführungen betreffende Teil durch verschiedene neue Beispiele, zum Teil unter Weglassen solcher der ersten Auflage, bereichert wurde.

Die neue Auflage hat eine Überarbeitung des Inhalts des Kapitels über die „Anwendungen des Eisenbetons im landwirtschaftlichen Bauwesen“ durch Professor L. Hess, Brünn erfahren, wobei überholte Teile ausgeschaltet und dafür Neuerungen eingefügt wurden. Den vielfach sich ausbreitenden Neuanwendungen des Eisenbetons Rechnung tragend, vermehrte sich so das Kapitel um die Hälfte seines Umfangs und die Abbildungen nahmen von 130 auf 190 zu. Hierbei war eine Grenze dadurch gesetzt, daß Wiederholungen von solchen Bauwerken, die auch an anderen Stellen des Handbuches vorkommen, vermieden werden mußten.

Die Ergänzungen betreffen zunächst einige neuere Bauweisen von Decken, die sich für landwirtschaftliche Bauten gut eignen — die Deckenkonstruktionen im all-

gemeinen sind im Band IX¹⁾ eingehend behandelt worden —, dann verschiedene Anwendungen des Eisenbetons zu Stall- und Vorratsgebäuden, Viehhürden und Gewächshäusern. Den neueren Bauweisen zur Herstellung von Mauern unter Verwendung von Betonblöcken wurde durch Hervorhebung der Korkbetonsteine und der Schnellschen Hakensteine unter Vorführung von Anwendungsbeispielen Rechnung getragen. Neu sind auch die Beispiele über Mistbeetanlagen und insbesondere jene über Eishäuser, welche letztere bereits vielfach in Eisenbeton zur Ausführung kommen. In dem Abschnitte über kleinere Herstellungen für besondere Zwecke betrifft die Vermehrung die Anwendung für Pökelkasten, Kartoffelschälvorrichtungen und besonders für die Errichtung von Zuchtweihern für Forellen. Nicht unerwähnt blieb auch die Verwendung des Betons für die Erhaltung von morsch gewordenen Bäumen.

In dieser Weise glaubte der Verfasser den Überblick über die Anwendungen des Eisenbetons im landwirtschaftlichen Bauwesen dem heutigen Stande der Praxis ausgestaltet zu haben und übergibt die Arbeit der Öffentlichkeit mit dem Wunsche, sie ebenso günstig zu beurteilen, wie in der ersten Auflage.

Dieser Band hat, wie seine Vorgänger der zweiten Auflage, eine wertvolle Bereicherung durch Aufnahme eines von Professor E. Brugsch, Hannover sorgfältig bearbeiteten Sachverzeichnisses erfahren.

Mögen die einzelnen Bände der zweiten Auflage in der vorliegenden Form den weitestgehenden Ansprüchen gerecht werden; mögen sie dieselbe gute Aufnahme finden wie die der ersten Auflage.

Berlin, im Juli 1913.

Der Herausgeber.

¹⁾ Handbuch für Eisenbetonbau, zweite Auflage, Band IX erschien Juni 1913.

Inhalts-Verzeichnis des XII. Bandes, zweite Auflage.

I. Kapitel. Silos.

Bearbeitet von S. Sor, Mitinhaber der Firma Wladimir de Hertza u. Inginer S. Soru, Bukarest.

	Seite
A. Allgemeines	1
B. Berechnung der Silos	4
I. Großräumige Silos	4
a) Wände, deren Oberkante in die Oberfläche des Materials zu liegen kommt	6
b) Behälter mit polygonalem Querschnitt	10
c) Hängebehälter	15
d) Kegelförmige Behälterböden	16
e) Kugelförmige Behälterböden	18
f) Ring	19
g) Säulen	22
Druckversuche auf Behälterwände	23
II. Zellsilos	24
a) Versuche	24
Besprechung der Versuche	27
Schlußfolgerungen	28
b) Berechnung der Silokräfte	28
Methode Janssen	28
Methode Koenen	30
Methode Mörsch	31
Methode des Verfassers	32
Methode von Pleißner	34
c) Berechnung der Seitenwände und Böden	37
Berechnung für Wasserdruck	46
Dimensionierung einreihiger Silozellensysteme	49
Momentenentwicklung für eine dreizellige Anordnung	55
Momententabelle für einreihige Silozellen	57
III. Beispiele von Ausführungen	59
1. Kohlsilo in Kirn a. d. N.	59
2. Feinkohlenbehälter in Völklingen a. d. S.	59
3. Erzbehälter für die Moselhütte Maizières	63
Ausbildung von Fällschnauzen für Erzsilos	66
4. Erzsilo für das Hüttenwerk Kneuttingen	71
5. Erzsilo Düdelingen	71
6. Erzsilo für die Fentscher Hütte, Kneuttingen	72
7. Kalksilo Düdelingen	78
8. Erzsilo Wetzlar	78
9. Erzsilo der Burbacher Hütte	80
10. Erzbunkeranlage für die Dortmunder Union	82
11. Erztaschenanlage in Hattingen	83
12. Erztaschenanlage der Gelsenkirchener Bergwerks-A.-G., Esch	83

13. Kohlensilo für die Gustavsgrube Rothenbach	85
14. Kohlenmagazin im Gaswerk der Stadt Bern	87
15. Einige Kohlensilos	87
Kohlensilo für das Gaswerk Fürth	87
Kohlensilo für das Gaswerk Zürich-Schlieren	87
Bunkeranlage für die Bayerleinsche Spinneroi in Bayreuth	89
Kohlenwäsche für die Kgl. Grube Peißenberg, Oberbayern	89
16. Kohlensilo für Kalkwerk Wilmersdorf	93
17. Kohlenbunker im Elektrizitätswerk Meißen	93
18. Kohlenbunker für die Gasanstalt der Stadt Berlin, Tegel	93
19. Kohlenbunker für die Zuckerfabrik Frankenthal	95
20. Kohlensilo für die Deutschen Solvay-Werke, Wyhlen	95
21. Kohlensilo Kraftwerk Wyhlen	95
22. Einige weitere Kohlensilos	95
Kohlensilo in Aniche	96
Kohlensilo in Roubaix	96
23. Kokskohlenturm auf Zeche „Carolinenglück“ Bochum	98
24. Feinkohlenturm Zeche Recklinghausen II	98
25. Kohlenspeicher Tegel	104
26. Sandbehälter Roslyn Plant	106
27. Kohlenbehälter der Stadt Atlantic	106
28. Sandsilo der Peerless Brick Co.	107
29. Zementsilo Itzehoe	108
30. Zementsilo Genua	109
31. Zementsilo für die „Titan“-A.-G., Bukarest	112
32. Rohmehlsilo für die „Titan“-A.-G., Bukarest	113
33. Zementsilo für das Portlandzementwerk Bellerive bei Dellemont	113
34. Rohmehlsilo der Portland-Zementwerke Illigens in Bochum	113
35. Zementsilo, Rohmaterialsilo und Rohmehlsilo für das Portlandzementwerk A.-G., Thayngen	116
36. Kalkstickstoffsilo für das Karbidwerk Mühlthal bei Bromberg	117
37. Malzsilo für die Löwenbrauerei München	118
38. Erweiterung der Getreidesilos, Genua	119
39. Getreidesilo für die Kunstmühle, A. G., Worms	124
40. Gerstensilo für Kaisers Kaffeegeschäft, Spandau	128
41. Kornspeicher Großbeeren	128
42. Getreidesilo Klostermühle, Spandau	128
43. Malzsilo für die Firma J. Eisenberg, Ilversgehofen	128
44. Malzsilo Aktienmalzfabrik Cönnern	129
45. Die neuen Speicheranlagen auf dem Holm in Danzig	129
46. Getreidesilo für die Gräflin von Bennigsensche Mühle, Banteln	133
47. Getreidesilo von Sampierdarena	138
48. Malz- und Getreidesilo der Bürgerlichen Bierbrauerei, Budapest	139
49. Silo für die erste Belouazer Dampfmühle	141
50. Einige Ausführungen der Firma Ed. Züblin, Straßburg	141
Silobau des städtischen Lagerhauses am Straßburger Rheinhafen	141
Malzsilo in Schiltigheim	144
Getreidesilo in Wolfskirchen	146
Silos für die Illkircher Mühlenwerke	147
Getreidesilo für die Grands Moulins de Corbeil bei Paris	148
51. Getreidesilo der Ludwigshafener Walzmühle	149
52. Getreidesilo für die Hof- und Kunstmühle T. Bienert, Dresden-Plauen	151
53. Getreidesilo für The Canadian Pacific, Port Arthur	151
54. Ein Riesensilo in Eisenbeton	153
55. Getreidelagerhaus in Danzig-Neufahrwasser	155
56. Getreidespeicher im Tempelhofer Hafen am Teltowkanal	158
57. Silospeicher für die Silo-Aktiengesellschaft, Düsseldorf	159
Verzeichnis der ausgeführten Silobauten	163

II. Kapitel. Anwendungen im landwirtschaftlichen Bauwesen.

Bearbeitet von Professor L. Hess, Bränn.

Allgemeines	195
Decken für Wohn-, Wirtschafts- und Stallräume	195
Fußböden	197
Landwirtschaftliche Gebäude	199
1. Ganz aus Eisenbeton	201
a) Stallgebäude, Vorrathshäuser, Meiereien	201
b) Viehhürden	215
c) Tränken	219
2. Teilweise aus Eisenbeton (mit Verwendung von Ziegelmauerwerk)	223
a) Stallgebäude	223
b) Gewächshäuser, Scheunen	233
3. Teilweise aus Eisenbeton (mit Verwendung von Betonsteinen)	236
a) Gebäude aus Korkbetonsteinen	237
b) Gebäude aus Hakensteinen „System Schnell“	241
4. Kleinere Ausführungen aus Eisenbeton für Landgüter	243
a) Kükenhaus	244
b) Gartengebäude samt Mistbeetanlage	245
c) Mistbeetanlagen	245
d) Umfriedungen und Zäune	246
Eiskeller und Eishäuser	257
Kleinere Ausführungen für besondere Zwecke	262
a) Müllkasten	262
b) Pökelkasten	262
c) Kartoffelschälvorrichtung	263
d) Weingartenstöcke	263
e) Seilbahnstützen	264
f) Zuchtweiher	264
g) Konservierung von Bäumen	266
Rübenschwemmanlagen	267

Sachverzeichnis	269
---------------------------	-----

Bearbeitet von Stadtbaurat a. D. E. Brugsch, Professor an der Technischen Hochschule in Hannover.

Gebäude für besondere Zwecke.

I. Kapitel. Silos.

Bearbeitet von S. Sor, Mitinhaber der Firma Wladimir de Hertza u. Inginer S. Soru, Bukarest.

A. Allgemeines.

Unter Silos, im weitgehendsten Sinne, versteht man Behälter für trockene Materialien. In etwas engerem Sinne bezeichnet man mit Silos nur diejenigen Trockenbehälter, bei denen das oben eingeschüttete Material durch Öffnen der unteren Verschlussvorrichtung selbsttätig ablaufen kann.

Die Silowände werden aus Holz, Eisen, Ziegelmauerwerk oder Eisenbeton hergestellt. Erstere drei Konstruktionsstoffe wurden von jeher dazu verwendet. Seit dem Aufschwung der Eisenbetonbauweise werden sie jedoch allmählich von dieser verdrängt.

Man unterscheidet in konstruktiver Hinsicht: großräumige Silos, das sind Silos, deren Grundrißabmessungen groß sind in bezug auf die Höhe, und Zellen-silos, welche aus aneinandergereihten Zellen mit Rechteck- (Quadrat-), Sechseck-, Achteck- oder Kreisquerschnitt bestehen.

Der kreisrunde Querschnitt¹⁾ ist in statischer Beziehung besonders wertvoll, weil bei ihm die Schachtwandungen nur auf Zug beansprucht werden, während bei polygonalen Zellen eine Beanspruchung auf Biegung stattfindet. Allerdings ist die zylindrische Schachtform im allgemeinen weniger raumersparend als die prismatische; allein glücklicherweise hat sich dies in der Praxis weniger bewahrheitet, als man befürchtet hatte. Recht deutlich zeigte sich dies im Jahre 1905 bei der Vergrößerung der Getreidespeicheranlage von Werner u. Nicola, Germania-Mühlenwerke, G. m. b H., Mannheim. Bei den alten hölzernen Getreideschächten wurde ein großer Teil des umbauten Raumes durch die Konstruktion selbst in Anspruch genommen; bei dem in Eisenbeton ausgeführten Erweiterungsbau ergaben sich wesentlich günstigere Verhältnisse. Der alte, in Holzkonstruktion errichtete Getreidespeicher ist in den äußeren Umrissen fast genau ebenso groß wie der neue Eisenbetonbau; der letztere hat aber ein gerade doppelt so großes Fassungsvermögen.

Außer den bekannten Vorzügen, wie Feuerbeständigkeit, Mangel an Unterhaltungskosten, große Schmiegsamkeit usw., ist es namentlich der schon erwähnte Umstand, daß durch seine große Widerstandsfähigkeit — dünnere Wände! — eine bessere Raumausnutzung ermöglicht wird, welcher zu dieser Bevorzugung des Eisenbetons beiträgt. Bei Getreidesilos hat die Anwendung des Eisenbetons noch den Vorteil, einen vorzüglichen Schutz gegen Feuchtigkeit und jegliches Ungeziefer zu bieten. Gleichwohl wird das Getreide auch in einem Eisenbetonsilo heiß und geht

¹⁾ Rundschau für Technik und Wirtschaft 1908, Nr. 1.

durch einen Schweiß, wenn es grün oder beschädigt aufgespeichert wird. In diesem Falle ist das Umstechen unerlässlich, und wäre es deshalb ratsam, eine entsprechend reichliche Anzahl Zellen vorzusehen.

Die Gestaltung der Silos unterscheidet sich von Fall zu Fall und namentlich je nach der Art des aufzubewahrenden Materials.

In letzterer Hinsicht können zwei Hauptklassen genannt werden: Getreidesilos und Silos für Kohlen und ähnliche Rohstoffe, wie Erz (sogenannte Erztaschen), Salz, Kalksteine usw. Neben diesen würden sich noch andere untergeordnete Kategorien anreihen, wie Silos für Zement, Kies, Steinschlag, Treber, Klinker usw.

Die Getreidesilos werden als Zellensilos ausgebildet. Die Querabmessungen schwanken gewöhnlich zwischen 2,50 und 5,50 m, und die Maximalhöhe beträgt 27 m. Die Zellen sind gewöhnlich überdeckt. Die Decke bildet den Boden des Dachgeschosses, in welchem die Fördermittel und etwaige Vorreinigungsmaschinen untergebracht werden. Für eine oder je nach Umständen mehrere Zellenreihen¹⁾ werden der Länge nach oben und unten Förderschnecken oder Fördergurte zum Füllen und Entleeren angeordnet. Die ankommende Frucht wird durch einen Elevator bis über die Silos gehoben, dort auf die wagerechten Fördervorrichtungen geschüttet und auf die einzelnen Behälter verteilt. Die Behälter sind durch Schieber abgeschlossen; durch Öffnen der Schieber gelangt das Getreide in die untere Fördervorrichtung und durch diese in den Elevator, der es entweder behufs Umstechens wieder in einen der Behälter oder zur Verarbeitung gelangen läßt.

Vorteile der Zellensilos gegenüber den sonst üblichen Bodenspeichern für die Aufbewahrung von Getreide: billige Herstellung und geringer Platzbedarf, weil denkbar vollkommenste Raumausnutzung (Fassungsgewicht für 1 m² Belastungsgrundfläche 5000 bis 10 000 kg), Einfachheit und Billigkeit des Betriebes, zumal bei großen Handelsspeichern, große Übersichtlichkeit, leichte und einfache, nur mechanische Beschüttung, Entnahme ohne Menschenkräfte, verbunden mit guter Mischungsmöglichkeit, bequemes Umstechen zur Reinigung und Erhaltung des Kornes. Nachteil: Das Getreide muß wegen des Luftabschlusses möglichst trocken sein.

Da der Eisenbeton vorzüglichem Schutz gegen Feuchtigkeit bietet, so ist es nicht notwendig, den Silobau mit besonderen Umfassungswänden zu umschließen. Man darf vielmehr die Eisenbetonwände direkt den Witterungseinflüssen ohne Gefahr für das Getreide aussetzen. Als Beispiele derartiger Ausführungen, die sich sehr gut bewährt haben, kann der noch unten genannte Silo von Buenos Aires, der Silo von Landshut sowie derjenige von Worms²⁾ genannt werden. Der erste Speicher,³⁾ der auf dem Kontinent ganz in Eisenbeton, ohne Zuhilfenahme anderen Materials, konstruiert wurde, ist derjenige der Società anonima Laterizi, Calci e Cementi zu Genua, nach den Plänen von A. Maciachini, Mailand ausgeführt. Allerdings dient er nicht zur Lagerung von Getreide, sondern von Zement.⁴⁾ Einer der größten Getreidespeicher in Eisenbeton, der bisher von Deutschland aus gebaut worden ist, wurde 1902/03 für die Sociedad Anonima de Molinos Harineros y Elevadores de Granos zu Buenos Aires von Amme, Giesecke u. Konegen, Braunschweig errichtet.⁵⁾ Ein Gegenstück hierzu bildet der im Jahre 1906 von der Firma Wayss u. Freytag, A.-G. ausgeführte und auf

¹⁾ Vergl. Hütte, 21. Aufl., Berlin 1911, Verlag von Wilh. Ernst u. Sohn.

²⁾ Siehe Abschnitt „Ausgeführte Beispiele“ S. 124.

³⁾ Vergl. Fußnote S. 1.

⁴⁾ Beschreibung s. S. 110.

⁵⁾ Näheres D. B. Z. 1904, S. 551.

S. 119 dieses Kapitels beschriebene Getreidesilo zu Genua, der den größten Eisenbetonsilo auf dem Kontinent darstellt.

Über andere Ausführungen wird im 3. Teil dieses Kapitels berichtet werden.

Die Kohlensilos¹⁾ werden gewöhnlich als großräumige Silos ausgebildet. Man hat schon lange versucht, die Kohle in hochliegenden Behältern mit trichterförmigem Boden zu lagern, wie man es mit dem Getreide in den modernen Siloanlagen seit Jahrzehnten tut, doch stellten sich derartige Bauten bei den verwendeten Baumaterialien, Stampfbeton- oder Eisenkonstruktionen, sehr teuer, und die Anzahl derartiger Ausführungen blieb gering. Erst in den letzten Jahren ist es durch die Verwendung des Eisenbetons als Baumaterial ermöglicht worden, Silos für Kohle und ähnliche Rohstoffe herzustellen, welche diese Lagerungsweise für weite Verwendungsgebiete wirtschaftlich möglich machen. Außerdem führten die gesteigerten Löhne dazu, das Füllen und Entleeren der Lagerräume möglichst mechanisch zu bewerkstelligen und vor allem die langwierige Handarbeit bei dem Wiederaufnehmen des Materials, wobei noch bei der Kohle die Belästigung der Arbeiter durch Staub hinzukommt, zu beseitigen. Für letztere Arbeit lassen sich zwar vielfach in ganz großen Betrieben mit Vorteil Selbstgreifer anwenden, doch sind dieselben nicht für alle Materialien brauchbar und bedingen eine geübte und sorgsame Bedienung. Man wird daher stets, besonders in weniger großen Betrieben, die Lagerung der Kohle in Silos vorziehen, da sich hierbei der Transport der Kohle vom Lager zur Verbrauchsstelle durch gewöhnliche Schmalspur- bzw. Hängebahnen oder Förderrinnen in viel einfacherer Weise bewerkstelligen läßt, als wenn man gezwungen ist, die Kohle durch Selbstgreifer vom Boden aufzunehmen.

Besonders bei einigen Kohlenbränden, die infolge von Selbstentzündung entstanden waren, hat sich die Einrichtung der Silos vorzüglich bewährt; es konnten dort mittels der vorhandenen Förderrinnen die Behälter ohne weitere Unkosten in kurzer Zeit entleert werden, während in diesem Falle der Greiferbetrieb vielfach versagt hat. Überhaupt bietet die Lagerung der Kohle in Silos aus Eisenbeton, die durch feuersichere Zwischenwände in nicht allzu große Abteilungen getrennt sind, den größten Schutz gegen die Selbstentzündung und, falls eine solche eintreten sollte, gegen die weitere Ausbreitung des Brandes, denn sobald die Entleerungsvorrichtungen dicht schließend ausgebildet sind, kann ein Zutritt von Verbrennungsluft nur mehr von oben her stattfinden.

Ein weiterer Vorzug der Lagerung von Kohle in Silos entsteht in denjenigen Betrieben, welche mit beschränkten Raumverhältnissen zu rechnen haben. Es läßt sich in diesem Falle bei einer geeigneten Anordnung der Gesamtanlage fast die ganze bebaute Grundfläche für andere Zwecke nutzbar machen, da die Förderkanäle zum Entleeren der Silos nur wenig Platz einnehmen. Bei den älteren Siloanlagen in Stampfbeton war dieses nur in beschränktem Maße möglich, da dort die Unterbauten der Silos zu schwer wurden, daher zu viel Platz fortnahmen und eine Beleuchtung der betreffenden Räume durch Tageslicht verhinderten. Bei Verwendung von Eisenbeton als Baumaterial dagegen ruhen die schrägen Siloböden auf verhältnismäßig dünnen Säulen und lassen den ganzen Platz unterhalb des Kohlenlagers frei. Welche weiten und hohen Räume auf diese Weise gewonnen werden, veranschaulicht beispielsweise Abb. 99, S. 87.

Infolge dieser vielfachen Vorzüge sind in den letzten Jahren für die verschiedensten Industriezweige Silos aus Eisenbeton zur Lagerung von Kohle und ähnlichen Massengütern gebaut worden.

¹⁾ Vergl. Broschüre der Firma Gebr. Rank, München.

B. Berechnung der Silos.

I. Großräumige Silos.

Bei großräumigen Silos können die vom Füllmaterial ausgeübten Druckkräfte mit Hilfe der Erddrucktheorie ermittelt werden, da diese Kräfte in demselben Sinne wie der Erdschub vom Material, dem Feuchtigkeitsgrade und der Lagerungsart desselben sowie vom Rauigkeitsgrade der in Betracht kommenden Wandflächen abhängig ist.

Versuche haben dargetan, daß bei gleichmäßig körnigen Materialien, wie Getreide, Sand usw., der Druck in viel höherem Maße als bei Erde bestimmten und genauen Gesetzen folgt. Dies ist wohl dem Umstande zuzuschreiben, daß bei körnigen Materialien der der Berechnung unzugängliche, den Erdschub jedoch sehr beeinflussende Kohäsionsfaktor in Wegfall kommt. Die theoretisch ermittelten Drücke entsprechen also hier viel eher als beim Erdschub den tatsächlich auftretenden Kräften. Deshalb würde sich auch hier eher als beim Erdschub eine genauere, auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Berechnungsmethode eignen.

Bei Untersuchung des von Erdmassen ausgeübten Druckes faßt man bekanntlich entweder ein Bruchprisma von endlichen Abmessungen ins Auge, oder man schließt auf die Gesamtwirkung aus dem Zustande von Erdelementen.¹⁾

Die erstgenannte wissenschaftliche Auffassung, die auch der bekannten graphischen Konstruktion von Rebhann zugrunde liegt, ist die ältere, die zweite ist die neuere, vielfach als Rankinesches oder Mohrsches Verfahren²⁾ bekannt. Da letzteres wegen seiner sehr seltenen Verwendung in anderen Aufgaben der Baustatik wenig bekannt sein dürfte, seine Anwendung bei Siloberechnungen jedoch für gewisse Fälle empfehlenswert ist, so möge es hier kurz erläutert und der Sonderfall einer horizontal abgeglichenen Materialoberfläche näher behandelt werden. Die Voraussetzung unbegrenzter Oberfläche des Erdreichs, die allerdings der Theorie zugrunde liegt und welche bei Behältern nicht zutrifft, darf durch die Bedingung, daß die Gleitfläche die Oberfläche des Füllmaterials innerhalb des Behälters schneidet, ersetzt werden.

Es sei verlangt, den von der Füllmasse F auf die Wand AB ausgeübten Druck in Lage, Größe und Richtung zu bestimmen (Abb. 1). Durch einen beliebigen Punkt H der Oberfläche ziehe man die Vertikale HJ , und man mache $HJ = y$ (Abstand des Punktes A von der Oberfläche). Dann $HW \perp$ Oberfläche und die Geraden HT und HT' so, daß $\sphericalangle THW = \sphericalangle WHT' = \varphi$ (Böschungswinkel). Der Punkt F symmetrisch zu J in bezug auf HW verbunden mit J ermöglicht die Konstruktion des Kreises M tangential zu HT und HT' . Man ziehe nun den Durchmesser JK , dann $JV \parallel AB$, verbinde K mit V und verlängere diese Gerade bis zu ihrem Schnitt U mit der Oberfläche. Verbindet man nun U mit dem Schnittpunkt W der Geraden JV und HW , so ist WU die Richtung der in A wirkenden Resultante r , bezogen auf die Flächeneinheit. Die Größe dieser Resultante $= HW$ wird in $A \perp AB$ aufgetragen, d. h. $AC = HW$. Verlängert man AB bis zu ihrem Schnittpunkt D mit der Oberfläche und zieht CD dann $BC' \parallel AC$, so ist durch das schraffierte Trapez $ABC'C$ die Größe des Gesamtschubes R auf AB ausgedrückt. Durch den Schwerpunkt S dieses Trapezes ziehe man $St \parallel AC$ und durch t die Gerade $R \parallel r$. So ist auch die Lage von R bestimmt.

¹⁾ Siehe auch Handbuch für Eisenbetonbau, zweite Auflage, Band I. Berlin 1912, wo die Erddrucktheorie entwickelt ist.

²⁾ O. Mohr, Abhandlungen auf dem Gebiete der Technischen Mechanik. Berlin 1906. Verlag von Wilh. Ernst u. Sohn.

Handelt es sich um einen polygonalen Behälterboden wie auf Abb. 2, so läßt sich obiges Verfahren auf folgende Form bringen.

Es sei beispielsweise die Aufgabe für die Wandfläche AB zu lösen. Man trage durch einen beliebigen Punkt H die Gerade HS in der Richtung der

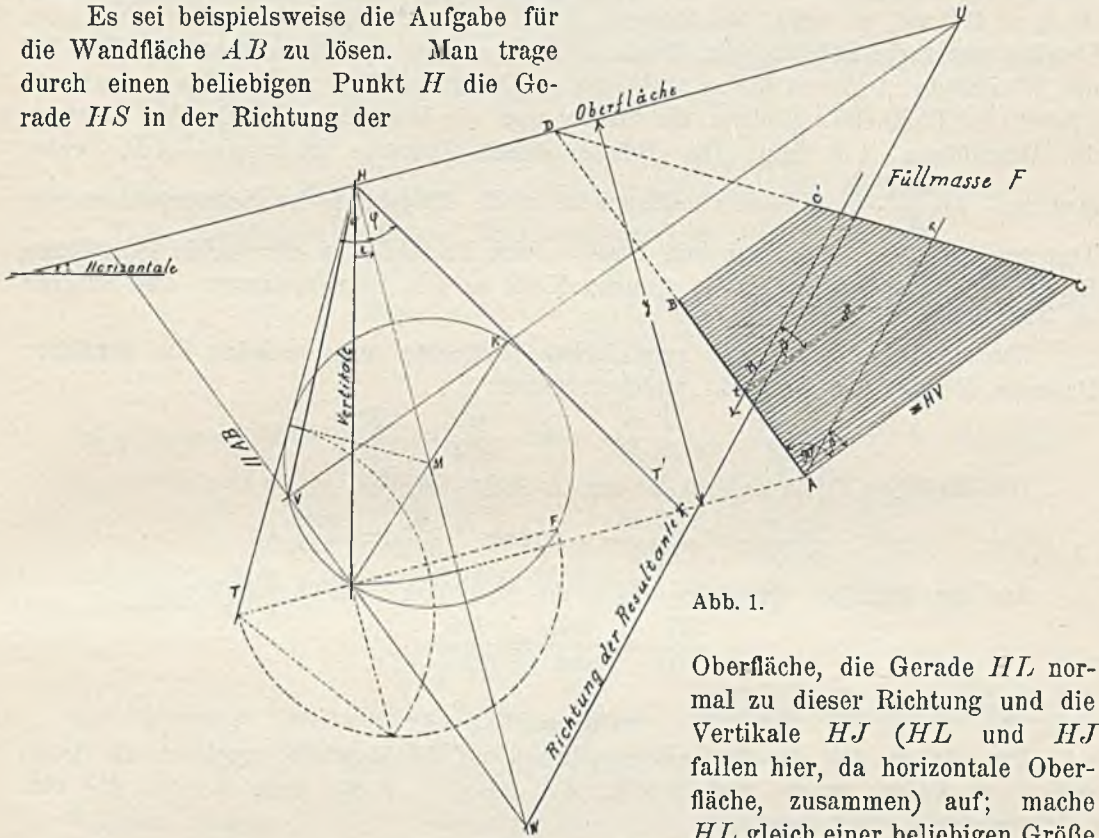


Abb. 1.

Oberfläche, die Gerade HS normal zu dieser Richtung und die Vertikale HJ (HL und HJ fallen hier, da horizontale Oberfläche, zusammen) auf; mache HL gleich einer beliebigen Größe

(ratsam $HL > AA_2$) $HN = HW \cdot \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$, worin φ den Böschungswinkel bezeichnet. Nachdem man einen Kreis über LN als Durchmesser gezeichnet hat, lege man durch den unteren Schnittpunkt J (welcher hier mit L zusammentrifft) der Ver-

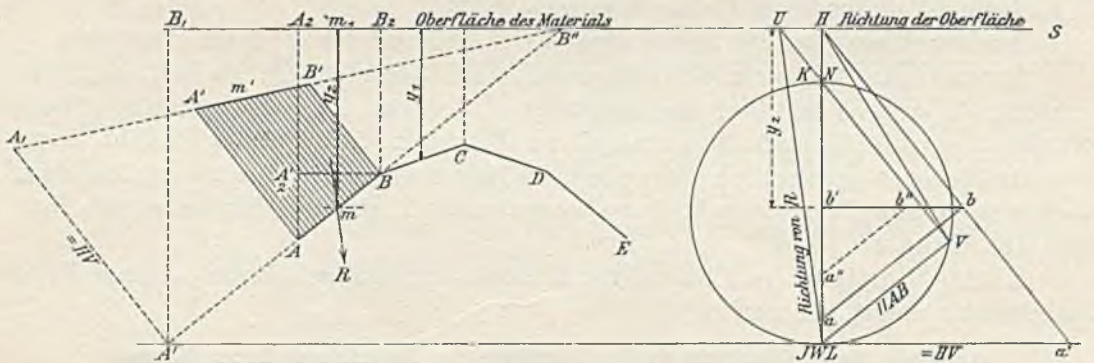


Abb. 2.

tikalen HJ mit dem Kreise den Durchmesser JK (fällt hier zusammen mit der Vertikalen, K fällt zusammen mit N) und die zur Wandfläche AB parallele Gerade JV und ziehe endlich die Gerade KV bis zu ihrem Schnittpunkt U mit der Oberfläche. Alsdann ist UW die Richtung des gesuchten Druckes R und HV die Größe der

Druckspannung r , welche die Wandfläche $B''A''$ in den Punkt A'' aufzunehmen hat, dessen Entfernung von der Oberfläche $= HJ$. Trägt man normal zur Wandfläche $A''A_1 = HV$ auf, so stellt das Dreieck $A''B''A_1$ die Größe und die Verteilung des Druckes gegen die gedachte Wandfläche $A''B''$ dar. Um den Druck R auf den Teil AB der Wandfläche $A''B''$ zu finden, ziehe man AA' bzw. $BB' \perp A''B''$. Das schraffierte Trapez $AA'B'B$ stellt alsdann die Größe und die Verteilung des Druckes R gegen die Wandfläche AB dar. Die Fläche dieses Trapezes ist $= mm' \cdot AB$, wobei $mm' = \frac{AA' + BB'}{2}$. Ganz annähernd ist m die Projektion des Schwerpunktes des

Trapezes auf AB . Zieht man nun durch m eine Parallele zu der vorhin gefundenen Richtung des Druckes, so ist die gesuchte Kraft auch in Lage bestimmt. Die Aufgabe ist also gelöst.

Um die Konstruktion zu vereinfachen, betrachte man zunächst die ähnlichen Dreiecke $B''m_1m$ und $B''B_1A''$, welche ergeben:

$$\frac{m_1 m}{B_1 A''} = \frac{B'' m}{B'' A''} \quad \text{oder} \quad \frac{y_2}{HJ} = \frac{B'' m}{B'' A''}.$$

Die ähnlichen Dreiecke $m'mB''$ und $A_1A''B''$ ergeben

$$\frac{m' m}{A_1 A''} = \frac{B'' m}{B'' A''}; \quad \text{woraus} \quad \frac{y_2}{HJ} = \frac{m' m}{HV}.$$

Aus den ähnlichen Dreiecken $Hb'b$ und HJa' ($Ja' = HV$) erhält man

$$\frac{Hb'}{HJ} = \frac{b'b}{Ja'} = \frac{b'b}{HV},$$

und da $Hb' = y_2$, so erhält man

$$m'm = b'b.$$

Um nun aus $b'b$, der den mittleren Druck auf AB darstellt, graphisch die Größe von R zu finden, mache man $b'b'' = BA_2$ ($BA_2' \perp BB_2$), dann $b''a'' = BA$ und $ba \parallel b''a''$; man erhält dann

$$\frac{ba}{b''a''} = \frac{bb'}{b''b'}.$$

woraus

$$ab = AB \cdot \frac{bb'}{b''b'} = AB \cdot \frac{bb'}{A_2'B} = AB \frac{mm'}{A_2'B}.$$

Somit ist die gesuchte Größe $R = ab \cdot A_2'B$.

Aus der Kongruenz der beiden Dreiecke $AA_2'B$ und $b'b''a''$ folgt $b''a'' \parallel BA$.

Es genügt also, vom Schnittpunkt b der Geraden Ha' (wobei, wie schon erwähnt, $Ja' = HV$) mit der Horizontalen $b'b$, deren Abstand von der Oberfläche $= y_2$, die Gerade ba parallel zu BA zu ziehen; $ab \cdot A_2'B$ gibt dann die Größe des gesuchten Druckes. Dieser Druck ist also gleich dem Gewichte eines Prismas mit der Querschnittsfläche des Prismas AA_2B_2B und der Höhe ab .

Einige Sonderfälle. Es mögen in etwas eingehenderer Weise folgende Fälle nacheinander untersucht werden.¹⁾

a) Wände, deren Oberkante in die Oberfläche des Materials zu liegen kommt.

Man kann in dieser Beziehung folgende sechs in der Praxis häufig vorkommenden Fälle unterscheiden. Im Anschluß an die allgemeinen Formeln folgen für jeden Fall Zahlenwerte für die Materialien: bituminöse Kohlen, Anthrazitkohlen, San und Asche.

¹⁾ Vergl. The Design of Walls, Bins and Grain Elevators, by Milo S. Ketchum, C. E.

In den Formeln bezeichnen:

- φ den Böschungswinkel des Füllmaterials,
- φ' den Reibungswinkel zwischen Füllmaterial und Wand,
- δ den Winkel, den die Oberfläche des Materials mit der Horizontalen einschließt,
- γ das spezifische Gewicht des Materials,
- P' den schiefen Druck,
- N' die Komponente von P' senkrecht zur Wandrichtung,
- N den auf die Wand normal ausgeübten Druck unter der Annahme $\varphi' = 0$.

1. Fall. Senkrechte Wand. Horizontale Oberfläche (Abb. 3).

Es ist:

$$P' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \varphi' \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi') \sin \varphi}{\cos \varphi'}} \right)^2}$$

$$N' = P' \cdot \cos \varphi'.$$

Ist $\varphi' = \varphi$, so erhält man

$$P' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \frac{\cos \varphi}{(1 + \sin \varphi \sqrt{2})^2}$$

$$N' = P' \cos \varphi.$$

Ist $\varphi' = 0$, was einer vollständig glatten Wand entspricht, so ist

$$N = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

Der spezifische Druck in der Tiefe h unter der Oberfläche des Füllmaterials ist

$$p = \frac{dN}{dh} = \gamma h \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right).$$

Folgende Werte (Tabelle I) beziehen sich zwar, was φ' und P' anbetrifft, auf Behälter aus Stahlplatten; ungünstigerweise können sie jedoch auch bei Eisenbetonsilos Anwendung finden. Diese Bemerkung gilt auch für die Tabellen II und III.

Tabelle I.

Material	φ	φ'	γ kg/m ³	P' kg	N' kg	N kg	$p = \frac{dN}{dh}$ kg/m ²
Bituminöse Kohle	35°	18°	800	98 h ²	93 h ²	108 h ²	216 h
Anthrazitkohle	27	16	835	139 h ²	134 h ²	156 h ²	312 h
Sand	34	18	1440	184 h ²	174 h ²	203 h ²	406 h
Asche	40	31	610	64 h ²	55 h ²	70 h ²	140 h

Als zu dem 1. Falle gehörend, seien auch folgende, in der Broschüre „Der Eisenbetonbau“ von Prof. Mürsch enthaltenen Werte wiedergegeben:

Gaskohle	$\gamma = 800-900 \text{ kg/m}^3$	$\varphi = 45^\circ$	$p = 146 \text{ h kg/m}^2$
Zement	1400	40°	305 h
Kleinschlag	1600-1800	45°	290 h
Malz	530	22°	240 h
Weizen	820	25°	333 h
Minette (Erz)	1800	45°	309 h
Koks	600	45°	103 h
Salz	1250	40°	272 h

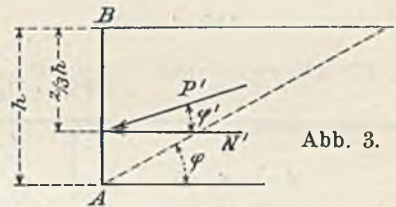


Abb. 3.

2. Fall. Senkrechte Wand. Oberfläche unter dem Winkel δ ansteigend (Abb. 4).

$$P' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \varphi' \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi') \sin(\varphi - \delta)}{\cos \varphi' \cdot \cos \delta}} \right)^2}$$

$$N' = P' \cdot \cos \varphi'$$

Für $\delta = \varphi$

ist $P' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \varphi'}$

$$N' = P' \cdot \cos \varphi' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \cos^2 \varphi.$$

Für $\varphi' = 0$

ist $N = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cos^2 \varphi.$

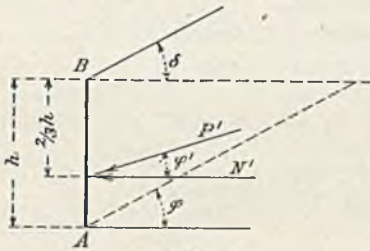


Abb. 4.

Tabelle II. Zahlenwerte für $\delta = \varphi$.

Material	φ	φ'	γ kg/m ³	P' kg	N' kg	N kg	$p = \frac{dN}{dh}$ kg/m ³
Bituminöse Kohle	35°	18°	800	283 h ²	268 h ²	268 h ²	536 h
Anthrazitkohle	27	16	835	344 h ²	330 h ²	330 h ²	660 h
Sand	34	18	1440	521 h ²	495 h ²	495 h ²	990 h
Asche	40	31	640	219 h ²	188 h ²	188 h ²	376 h

3. Fall. Senkrechte Wand. Oberfläche fallend unter dem Winkel δ (Abb. 5).

$$P' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos \varphi' \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi') \sin(\varphi + \delta)}{\cos \varphi' \cdot \cos \delta}} \right)^2}$$

$$N' = P' \cdot \cos \varphi'$$

Für

$$\varphi' = 0$$

ist

$$N = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\left(1 + \sqrt{\frac{\sin \varphi \sin(\varphi + \delta)}{\cos \delta}} \right)^2}.$$

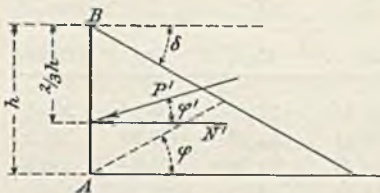


Abb. 5.

Tabelle III. Zahlenwerte für $\delta = -\varphi$.

Material	φ	φ'	γ kg/m ³	P' kg	N' kg	N kg	$p = \frac{dN}{dh}$ kg/m ³
Bituminöse Kohle	35°	18°	800	72 h ²	68,4 h ²	82 h ²	164 h
Anthrazitkohle	27	16	835	106 h ²	102 h ²	123 h ²	246 h
Sand	34	18	1440	135 h ²	128 h ²	154 h ²	308 h
Asche	40	31	640	45,6 h ²	39,2 h ²	52 h ²	104 h

4. Fall. Schräge Wand nach außen. $\Theta < 90^\circ + \varphi'$. Horizontale Oberfläche (Abb. 6).

$$P' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \frac{\sin^2(\Theta - \varphi)}{\sin(\varphi' + \Theta) \sin^2 \Theta \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi') \sin \varphi}{\sin(\varphi' + \Theta) \sin \Theta}} \right)^2}$$

$$N' = P' \cdot \cos \varphi'$$

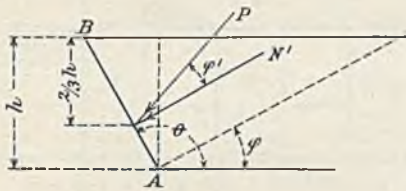


Abb. 6.

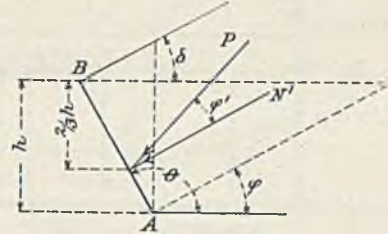


Abb. 7.

5. Fall. Schräge Wand nach außen. $\Theta < 90^\circ + \varphi'$. Ansteigende Oberfläche (Abb. 7).

$$P' = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cdot \frac{\sin^2(\Theta - \varphi)}{\sin(\varphi' + \Theta) \sin^2 \Theta \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \varphi') \sin(\varphi - \delta)}{\sin(\varphi' + \Theta) \sin(\Theta - \delta)}} \right)^2}$$

$$N' = P' \cdot \cos \varphi'$$

6. Fall. Schräge Wand nach außen. $\Theta > 90^\circ + \varphi'$. Horizontale Oberfläche (Abb. 8).

$$P = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$W = \text{Gewicht von } \triangle ABC = \frac{\gamma h^2 \operatorname{tg} \Theta}{2}$$

$$E = \sqrt{W^2 + P^2} = \frac{1}{2} \gamma h^2 \sqrt{\operatorname{tg}^2 \Theta + \operatorname{tg}^4 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}$$

$$\operatorname{tg}(\Theta + \varphi' - 90^\circ) = \frac{\operatorname{tg} \Theta}{\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}$$

$$Q = E \cos \varphi' \quad T = E \sin \varphi'$$

Für eine Wandschräge nach außen und eine schräge Oberfläche ist der Gebrauch von Formeln schwierig, und die Berechnung kann leichter durch graphische Methoden, wie auf folgenden Seiten näher angegeben, gemacht werden.

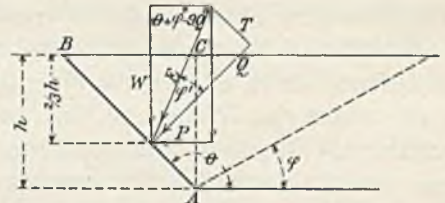


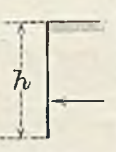
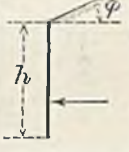
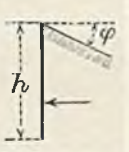

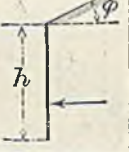
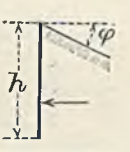
Abb. 8.

Tabellen über den Druck auf senkrechte Behälterwände.¹⁾

Der normale Druck auf senkrechte Behälterwände, wie er durch die vorhergehenden Tabellen für bituminöse Kohlen, Anthrazitkohlen, Sand und Asche berechnet worden, ist in den Tabellen IV bis VII besonders angegeben. In den

¹⁾ Link Belt Machinery Co.'s Standards; R. W. Dull, Engineering News, 21. Juli 1904.

Tabelle IV.
Gesamtdruck in kg auf die Höhe h für bituminöse Kohle.
Wandlänge = 1 m.
 $\gamma = 800 \text{ kg/m}^3$, $\varphi = 35^\circ$.

Höhe h in Metern	Glatte Wand, $\varphi' = 0$			Rauhe Wand, Reibungswinkel = φ'		
	1	2	3	4	5	6
						
	$\varphi' = 0$	$\delta = \varphi$	$\delta = -\varphi$	$\varphi' = 18^\circ$	$\delta = \varphi$	$\delta = -\varphi$
0,5	27	67	21	23	67	17
1	108	268	82	93	268	68
1,5	243	603	184	209	603	153
2	432	1 072	328	372	1 072	272
2,5	676	1 679	513	581	1 679	426
3	971	2 410	738	837	2 410	612
3,5	1 322	3 283	1005	1140	3 283	833
4	1 728	4 280	1312	1488	4 280	1090
4,5	2 187	5 427	1660	1885	5 427	1380
5	2 700	6 700	2050	2325	6 700	1700
5,5	3 267	8 107	2480	2813	8 107	2067
6	3 888	9 650	2952	3350	9 650	2450
6,5	4 563	11 350	3464	3929	11 350	2873
7	5 300	13 150	4030	4560	13 150	3332
7,5	6 075	15 075	4612	5231	15 075	3825
8	6 920	17 152	5250	5960	17 152	4352
8,5	7 803	19 363	5924	6720	19 363	4953
9	8 748	21 708	6642	7560	21 708	5508
9,5	9 747	24 187	7400	8400	24 187	6137
10	10 800	26 800	8200	9300	26 800	6800
$N =$	$108 h^2$	$268 h^2$	$82 h^2$	$93 h^2$	$268 h^2$	$68 h^2$


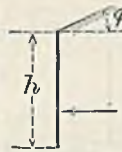

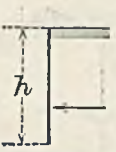
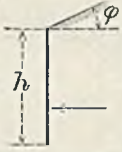
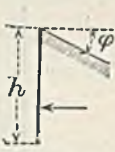
Tabellen gibt Spalte 1 den normalen Druck für eine glatte senkrechte Wand und horizontale Oberfläche an, während Spalte 4 den normalen Druck auf eine rauhe Wand mit einem Reibungswinkel = φ' enthält. Spalte 2 gibt den normalen Druck auf eine glatte senkrechte Wand und eine ansteigende, mit der Horizontalen den Winkel φ einschließende Oberfläche, während in Spalte 5 die normalen Drücke auf eine rauhe Wand mit dem Reibungswinkel φ' eingetragen sind. Spalte 3 enthält den normalen Druck auf eine glatte Wand für einen Winkel $\delta = -\varphi$, während Spalte 6 den normalen Druck auf eine rauhe Wand mit einem Reibungswinkel = φ' angibt. Man sieht, daß die Zahlen der Spalten 2 und 5 identisch sind.

Die Gesamtdrücke entsprechen in allen Fällen einer Wandlänge = 1 m.

b) Behälter mit polygonalem Querschnitt.

Die Berechnung kann rein graphisch oder durch Verbindung eines graphischen und analytischen Verfahrens erfolgen. Es wird die Annahme gemacht, daß der

Tabelle V.
Gesamtdruck in kg auf die Höhe h für Anthrazitkohle.
Wandlänge = 1 m.
 $\gamma = 835 \text{ kg/m}^3$, $\varphi = 27^\circ$.

Höhe h in Metern	Glatte Wand, $\varphi' = 0$			Rauhe Wand, Reibungswinkel = φ'		
	1	2	3	4	5	6
						
	$\varphi' = 0$	$\delta = \varphi$	$\delta = -\varphi$	$\varphi' = 16^\circ$	$\delta = \varphi$	$\delta = -\varphi$
0,5	39	83	31	34	83	26
1	156	330	123	135	330	102
1,5	351	742	276	304	742	232
2	624	1 320	492	540	1 320	408
2,5	975	2 060	770	842	2 060	645
3	1 404	2 970	1 107	1 215	2 970	918
3,5	1 911	4 040	1 506	1 652	4 040	1 249
4	2 496	5 280	1 970	2 160	5 280	1 632
4,5	3 160	6 690	2 490	2 740	6 690	2 065
5	3 900	8 250	3 125	3 375	8 250	2 550
5,5	4 719	9 980	3 720	4 083	9 980	3 085
6	5 616	11 880	4 428	4 860	11 880	3 672
6,5	6 591	13 942	5 196	5 703	13 942	4 309
7	7 644	16 170	6 027	6 615	16 170	4 998
7,5	8 745	18 562	6 918	7 593	18 562	5 737
8	9 984	21 120	7 872	8 640	21 120	6 528
8,5	11 241	23 842	8 886	9 753	23 842	7 369
9	12 636	26 730	9 963	10 935	26 730	8 262
9,5	14 079	29 782	11 100	12 183	29 782	9 205
10	15 600	33 000	12 300	13 500	33 000	10 200
$N =$	$156 h^2$	$330 h^2$	$123 h^2$	$135 h^2$	$330 h^2$	$102 h^2$

Behälter so beschaffen ist, daß die Gleitfläche die Oberfläche des Materials innerhalb des Behälters schneidet, und ferner, daß die Behälterwände als glatt angesehen werden dürfen. Je nach Gestaltung der Oberfläche lassen sich drei Sonderfälle ins Auge fassen:

α) Oberfläche des Materials horizontal abgeglichen (Abb. 9). Der Behälter ist 9,76 m breit, 5,49 m tief, und die Taschen sind 5,19 m lang. Es wird angenommen, daß die Füllung aus Kohlen mit einem spezifischen Gewicht $\gamma = 925 \text{ kg/m}^3$ und einem Böschungswinkel $\varphi = 30^\circ$ besteht. Die Berechnung soll für eine Behälterlänge = 1 m durchgeführt werden.

Es wird zuerst der Druck P_1 auf die Fläche AH mittels der Formel

$$P_1 = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \text{ zu } P_1 = 4644 \text{ kg}$$

bestimmt. Der Angriffspunkt von P_1 liegt in der Tiefe $\frac{2}{3} \cdot 5,49 = 3,66 \text{ m}$ unter der Oberfläche. Man verlängere nun P_1 bis zum Schnittpunkt O mit der Vertikalen durch

Tabelle VI.
Gesamtdruck in kg auf die Höhe h für Sand.
Wandlänge = 1 m.
 $\gamma = 1440 \text{ kg m}^3$, $\varphi = 34^\circ$.

Höhe h in Metern	Glatte Wand, $\varphi' = 0$			Rauhe Wand, Reibungswinkel = φ'		
	1	2	3	4	5	6
	$\varphi' = 0$	$\delta = \varphi$	$\delta = -\varphi$	$\varphi' = 18^\circ$	$\delta = \varphi$	$\delta = -\varphi$
0,5	51	123	38	44	123	33
1	203	492	153	174	492	127
1,5	457	1 107	344	392	1 107	285
2	812	1 968	612	696	1 968	508
2,5	1 270	3 075	956	1 087	3 075	793
3	1 827	4 428	1 377	1 565	4 428	1 143
3,5	2 486	6 037	1 874	2 131	6 037	1 555
4	3 248	7 872	2 448	2 785	7 872	2 092
4,5	4 110	9 973	3 098	3 523	9 973	2 571
5	5 075	12 300	3 825	4 350	12 300	3 145
5,5	6 140	14 830	4 628	5 263	14 830	3 841
6	7 300	17 712	5 508	6 280	17 712	4 572
6,5	8 576	20 767	6 464	7 351	20 767	5 367
7	9 960	24 108	7 497	8 540	24 108	6 223
7,5	11 418	27 675	8 606	9 487	27 675	7 143
8	13 000	31 488	9 799	11 136	31 488	8 128
8,5	14 666	35 527	11 054	12 282	35 527	9 275
9	16 443	39 852	12 393	14 094	39 852	10 287
9,5	18 320	44 403	13 808	15 703	44 403	11 461
10	20 300	49 200	15 300	17 400	49 200	12 700
$N =$	$203 h^2$	$492 h^2$	$153 h^2$	$174 h^2$	$492 h^2$	$127 h^2$

den Schwerpunkt des Dreiecks AHG , dessen Gewicht $W = 15 488 \text{ kg}$. Aus geometrischen Gründen liegt O auf AB . $O1 = P_2 = 16 200 \text{ kg}$ stellt die Resultierende der Kräfte W und P_1 dar. Zerlegt man $O1$ in die Komponenten $O3$ und $1-3$, so stellt $1-3 = 14 500 \text{ kg}$ die Fläche des Dreiecks $AG4$ dar. Man bekommt somit:

$$\text{Fläche } AG4 = \frac{1}{2} AG \cdot A-4 = 14 500 \text{ kg} \quad \text{oder}$$

$$A-4 = \frac{2 \cdot 14 500}{8,18} = 3545 \text{ kg.}$$

Es ergibt sich $B-7 = 1580 \text{ kg}$. Die Richtungen von $B-7$ und $A-4$ sind senkrecht auf AB . Der normale Druck auf AB ist durch die Fläche des Trapezes $AB74$ dargestellt und geht durch den Schwerpunkt dieses Trapezes. Es ist $N = 11 700 \text{ kg}$. Verlängert man N bis zum Schnittpunkt O' mit AB und zerlegt N in 2 Komponenten,

die eine $\parallel OI$ und die andere $\parallel AB$, so ist die erstere, $E = 13\,000$ kg, der auf AB wirkende Druck in Größe, Lage und Richtung.

Der Druck auf BC ergibt sich zu

$$P_3 = \frac{1}{2} \gamma h^2 \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 925 \text{ kg.}$$

Der Druck auf den Boden AF ist mit dem ganzen Gewicht des Füllmaterials anzunehmen.

β) Oberfläche des Materials ist durch zwei schiefe Ebenen gebildet (Abb. 10).

Der Überladungswinkel sei $\varphi = 30^\circ$; das spezifische Gewicht der Kohle $\gamma = 925 \text{ kg/m}^3$.

Für die Berechnung des Druckes auf die Seite AB verfähre man wie folgt:

Bestimme die Punkte G und H und berechne den Horizontaldruck

$P_1 = 11\,470$ kg, der in der Ebene HK bei $\frac{1}{3} HK$ über H angreift. Druck P_1 wurde durch die bekannte Rebhanssche Konstruktion ermittelt. Verlängere P_1 , bis er bei O die

Schwerlinie des Dreiecks

GHK schneidet. Von O trage

auf $O1$ $W = 29\,581$ kg (Gewicht von GHK)

abwärts wirkend und von 1 auf

1—2 $P_1 = 11\,470$ kg nach

links wirkend auf. Dann ist

$O2 = P_2 = 31\,800$ kg.

Nun ist $P_2 =$ Dreiecks-

fläche $6GH$ und $E =$ Fläche

$8BA5 = 16\,380$ kg. Der

Normaldruck beträgt $N =$

$15\,150$ kg. Der Horizontal-

druck auf BC wird nach

dem Rebhansschen Ver-

fahren zu $P_3 = 2070$ kg be-

stimmt. Der senkrechte

Druck auf die linke Hälfte

des Bodens AF ist $=$

$11\,000$ kg und greift im

Schwerpunkt der belasten-

den Lamelle ein.

γ) Oberfläche des Materials

ist durch eine schiefe Ebene

gebildet (Abb. 11).

Der Überladungswinkel sei

$\varphi = 30^\circ$; das spezifische

Gewicht der Kohle $\gamma = 925 \text{ kg/m}^3$.

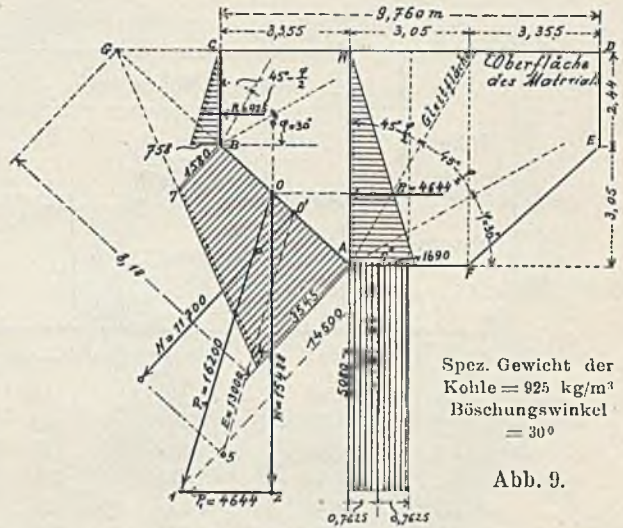


Abb. 9.

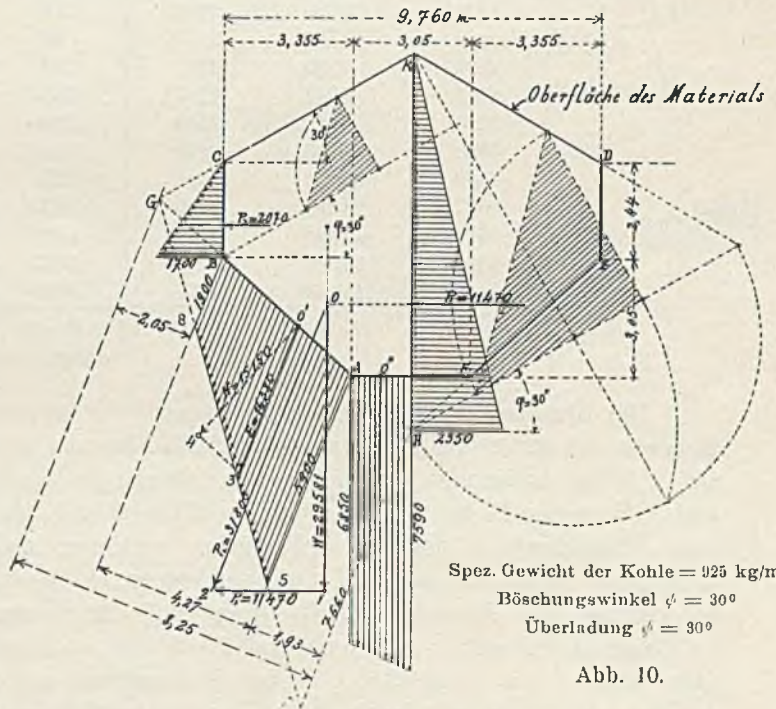


Abb. 10.

Tabelle VII.
 Gesamtdruck in kg auf die Höhe h für Asche.
 Wandlänge = 1 m.
 $\gamma = 640 \text{ kg/m}^3$, $\varphi = 40^\circ$.

Höhe h in Metern	Glatte Wand, $\varphi' = 0$			Rauhe Wand, Reibungswinkel = φ'		
	1	2	3	4	5	6
	$\varphi' = 0$	$\delta = \varphi$	$\delta = -\varphi$	$\varphi' = 31^\circ$	$\delta = \varphi$	$\delta = -\varphi$
0,5	18	47	13	14	47	10
1	70	188	52	55	188	39
1,5	158	424	117	124	424	87
2	280	752	208	220	752	156
2,5	437	1 175	325	344	1 175	244
3	630	1 692	468	495	1 692	351
3,5	860	2 203	639	673	2 203	478
4	1120	3 010	832	880	3 010	624
4,5	1420	3 807	1055	1115	3 807	791
5	1750	4 700	1300	1375	4 700	975
5,5	2120	5 707	1575	1665	5 707	1180
6	2520	6 780	1872	1980	6 780	1405
6,5	2957	7 943	2197	2325	7 943	1650
7	3430	9 212	2550	2700	9 212	1910
7,5	3940	10 465	2930	3093	10 465	2200
8	4480	12 050	3330	3520	12 050	2490
8,5	5057	13 583	3760	3973	13 583	2817
9	5670	15 228	4220	4460	15 228	3160
9,5	6320	16 967	4693	4963	16 967	3520
10	7000	18 800	5200	5500	18 800	3900
$N =$	$70 h^2$	$188 h^2$	$52 h^2$	$55 h^2$	$188 h^2$	$39 h^2$

Die Drücke auf die Wände CB und DE werden in bekannter Weise nach Rebhann ermittelt. Man bekommt $P_5 = 2070 \text{ kg}$ und $P_4 = 7770 \text{ kg}$. Um den Druck auf AB zu bestimmen, verlängere die Oberfläche einerseits und die Flächen AB und EF andererseits bis zu den Schnittpunkten G und H , ziehe die Vertikale HK bis zum Schnittpunkt K mit der Oberfläche, bestimme nach Rebhann den von rechts wirkenden Druck P_1 auf HK und verlängere P_1 bis zum Schnittpunkt O mit der Schwerlinie des Dreiecks GKH . Trage auf der Schwerlinie $O1 = W = 29680 \text{ kg} = \text{Fläche } KHG$ auf; ziehe horizontal $1-2 = P_1 = 31860 \text{ kg}$ und verbinde O mit 2, dann ist $O-2 = P_2 = 43600 \text{ kg}$ der Gesamtdruck auf GH . Zieht man nun $H-5$ parallel zu $O-2$ und nimmt $H-5$ derart, daß Fläche $HG5 = P_2$ wird, d. h.

$$H-5 = \frac{2 \cdot 43600}{8,845} = 9870 \text{ kg},$$

und zieht ferner $B-7$ und $A-6$ parallel zu $H-5$, so stellt das Trapez $AB76$ den Druck auf AB dar. Eine Parallele $4-O'$ zu $A-6$ durch den Schwerpunkt

dieses Trapezes schneidet AB in O' . $O' - 4 = E = 23\ 080$ kg gibt den gesuchten Druck auf AB in Größe, Lage und Richtung. Die Normalkomponente ist $O' - 3 = N = 22\ 800$ kg. In ähnlicher Weise wird der Druck auf EF ermittelt, nur tritt an Stelle des Dreiecks HKG das Trapez $HKDE$ in Wirkung. Der Gang der Konstruktion ergibt sich ohne weiteres aus der Abbildung.

c) Hängebehälter.

Der in Abb. 12 dargestellte Hängebehälter enthält eine Füllung, welche von Null an den Auflagern bis zu einem Maximum in der Mitte schwankt. Bei horizontal abgeglichener Füllung kann man die Gewichtszunahme von den Auflagern nach der Mitte zu nahezu geradlinig annehmen, während bei sonstiger oberen Begrenzung der Füllung die Annahme eines geradlinigen Verlaufs kaum richtig sein dürfte.

Spez. Gewicht der Kohle = 925 kg/m^3
 Böschungswinkel $\varphi = 30^\circ$ Überladung $\varphi = 30^\circ$

Abb. 11.

Das Gewicht möge nun von $p = 0$ an den Auflagern bis $p = P$ in der Mitte zunehmen.

Bezeichnen H und V die Seitenkräfte der Auflagerdrücke und bezieht man die Kurve auf das Koordinatensystem xBy , so erhält man

$$V = \frac{1}{2} Pl$$

$$HS + \frac{1}{2} Pl \cdot \frac{l}{3} = Vl,$$

woraus

$$H = \frac{Pl^2}{3S}$$

Hierin bedeutet l die halbe Spannweite und S die Tiefe des Behälters. Die Gleichung, aus welcher sich H ergab, entspricht der Bedingung, daß die Stützlinie durch die Punkte A, B, D geht. Nimmt man ferner die Behälterform derart

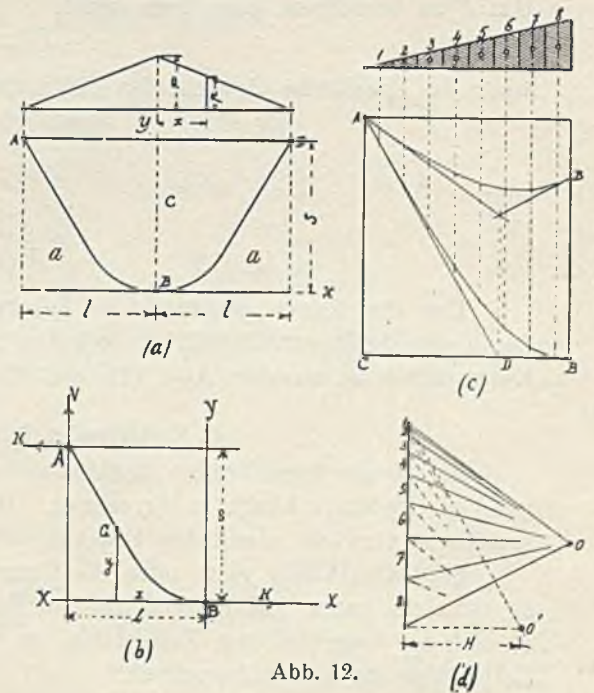
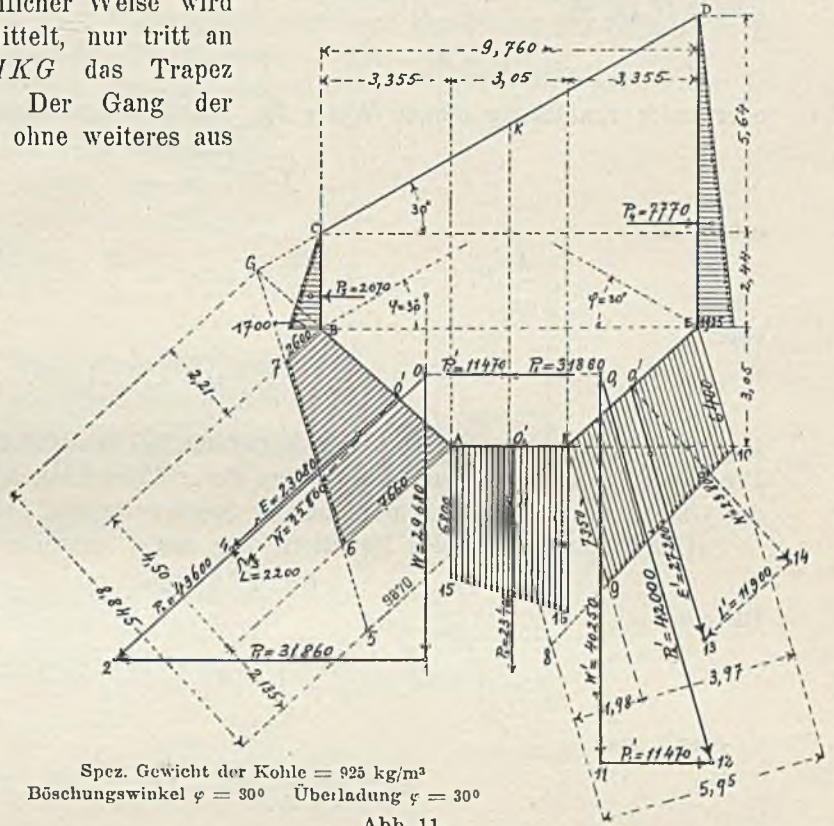


Abb. 12.

an, daß die Stützlinie mit der Mittellinie zusammenfällt, d. h. daß in sämtlichen Querschnitten nur zentrische Kräfte wirken, so ergibt sich für irgend einen Querschnitt $G(x, y)$

$$V(l-x) - H(S-y) - \frac{1}{2} p (l-x) \cdot \frac{l-x}{3} = 0$$

oder unter Einführung obiger Werte für V und H und unter Berücksichtigung, daß

$$\frac{p}{P} = \frac{l-x}{l},$$

erhält man

$$\frac{1}{2} Pl(l-x) - \frac{Pl^2}{3S}(S-y) - \frac{P}{6} \cdot \frac{(l-x)^3}{l} = 0$$

oder

$$y = \frac{1}{2} \frac{S}{l^2} \left(3x^2 - \frac{x^3}{l} \right).$$

Das ist die gesuchte Gleichung der Mittellinie bei Ausschluß von Biegemomenten. Die Form der Kurve ist unabhängig von der größten Last, hängt vielmehr — wie aus der Gleichung ersichtlich — nur von der Spannweite und der größten Tiefe ab.

Der Fassungsraum des Behälters, der mit C bezeichnet werden möge, beträgt

$$C = 2lS - 2a.$$

Da nun

$$a = \int_0^l y dx = \frac{3}{2} \frac{S}{l^2} \int_0^l x^2 dx - \frac{S}{2l^3} \int_0^l x^3 dx = \frac{3}{8} lS,$$

so erhält man

$$C = 2l \cdot S - 2 \cdot \frac{3}{8} lS = \frac{5}{4} lS.$$

Um P zu berechnen, kann man setzen

$$Pl = C\gamma,$$

wobei γ das spezifische Gewicht des Füllmaterials bezeichnet, woraus

$$P = \frac{1}{l} \cdot \frac{5}{4} lS\gamma$$

oder

$$P = \frac{5}{4} S \cdot \gamma.$$

Um die Kurve graphisch zu konstruieren, genügt es, zu bemerken, daß sie durch den Seilbogen der Kräfte gegeben ist, welcher durch A , D und B geht. Die Konstruktion ist aus den Abb. 12b und 12c klar ersichtlich.

d) Kegelförmige Behälterböden (Abb. 13).

Es sei der kegelförmige Behälterboden $AA'B$, der an dem zylindrischen Behälter mit dem Radius r hängt, zu berechnen. Die horizontal abgegliche Füllung habe das spezifische Gewicht γ und den Böschungswinkel φ .

Sind die Wände glatt oder die Grundrißabmessung groß in bezug auf die Höhe, so kann das ganze Füllmaterial als den Boden belastend angenommen werden; handelt es sich im Gegenteil um Zellensilos, so wird der senkrechte Bodendruck, wie unter Zellensilos angegeben, berechnet.

Es sollen nun die Meridian- und Ringspannungen des Trichters ermittelt werden. Zu diesem Zwecke denke man sich zwei unendlich nahe aneinander geführte Horizontalschnitte. Die auf der Erzeugenden gemessene Entfernung der Schnitte möge einfachheitshalber = 1 angenommen werden.

Ist aa die Mittellinie dieses Streifens und bezeichnet P_1 das ganze Gewicht (Boden + Füllung), welches auf den Trichterteil unterhalb aa wirkt, so erhält man für die Längeneinheit des Umfangs eine senkrechte Kraft

$$\frac{P_1}{2\pi r_1}$$

Zerlegt man diese Kraft in zwei Seitenkräfte, die eine in der Meridianrichtung und die andere in der Richtung aa , so erhält man als Meridiankraft

$$T_1 = \frac{P_1}{2\pi r_1} \cdot \operatorname{cosec} \Theta.$$

Bezeichnet N_1 den senkrechten Druck auf die Fläche aa und g das Gewicht der Trichterwandung, beide bezogen auf die entsprechende Flächeneinheit, so ist

$$P_1 = N_1 \cdot \pi r_1^2 + \frac{1}{2} \cdot 2\pi r_1 \frac{r_1}{\cos \Theta} \cdot g + \frac{1}{3} \pi r_1^2 \cdot \gamma \cdot r_1 \operatorname{tg} \Theta.$$

Setzt man diesen Wert in T_1 ein, so erhält man:

$$T_1 = \frac{1}{2} N_1 r_1 \operatorname{cosec} \Theta + \frac{g r_1}{\sin 2\Theta} + \frac{\gamma r_1^2}{6 \cos \Theta}.$$

Ersetzt man N_1 durch den Wert

$$N_1 = [n_1 + (r - r_1) \operatorname{tg} \Theta] \cdot \gamma,$$

wo n_1 die Höhe der Oberfläche über AA bezeichnet, so ergibt sich

$$T_1 = \frac{1}{2} [n_1 + (r - r_1) \operatorname{tg} \Theta] \cdot \gamma \cdot r_1 \operatorname{cosec} \Theta + \frac{r_1}{2 \cos \Theta} \left(\frac{g}{\sin \Theta} + \frac{\gamma r_1}{3} \right).$$

Der Differentialquotient mit bezug auf r_1 ist

$$\begin{aligned} \frac{dT_1}{dr_1} &= \frac{1}{2} (n_1 + r \operatorname{tg} \Theta) \cdot \gamma \operatorname{cosec} \Theta - \gamma r_1 \operatorname{tg} \Theta \operatorname{cosec} \Theta + \frac{g}{\sin 2\Theta} + \frac{\gamma r_1}{3 \cdot \cos \Theta} \\ &= \frac{1}{2} (n_1 + r \operatorname{tg} \Theta) \gamma \operatorname{cosec} \Theta - \frac{2\gamma r_1}{3 \cos \Theta} + \frac{g}{\sin 2\Theta}. \end{aligned}$$

Die zweite Ableitung ergibt

$$\frac{d^2 T_1}{dr_1^2} = -\frac{2\gamma}{3 \cos \Theta}.$$

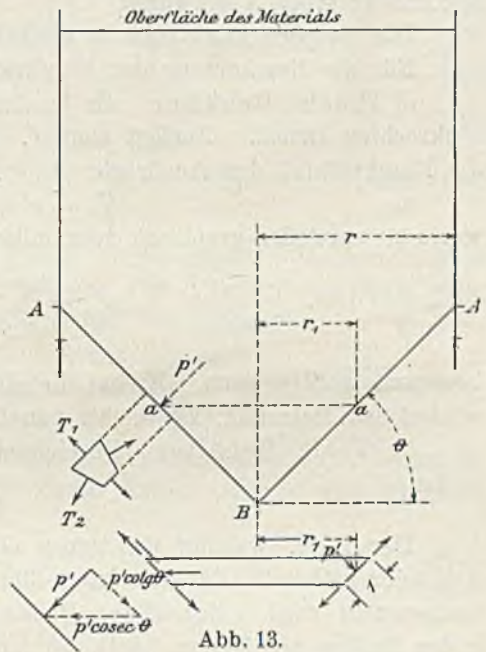
Aus

$$\frac{dT_1}{dr_1} = 0,$$

d. h. für

$$r_1 = \frac{3(n_1 + r \operatorname{tg} \Theta)}{4 \operatorname{tg} \Theta} + \frac{3g}{4\gamma \sin \Theta}$$

findet ein Maximum von T_1 statt (max und nicht min, da wegen $\Theta < 90^\circ \frac{d^2 T_1}{dr_1^2} < 0$).



Für $r_1 = 0$ ist $T_1 = 0$. Das entspricht dem tiefsten Punkt B . Von diesem Wert ab wächst T_1 mit r_1 . Das Maximum kann man stets im obersten Punkt A annehmen.

Man kann somit sagen, daß die Meridiankraft zwischen 0 bei B und ihrem Maximalwert bei A schwankt.

Die Aufgabe kann auch in einfacher Weise graphisch gelöst werden.

Für die Bestimmung der Ringkräfte sind zwei Fälle zu unterscheiden:

a) Flache Behälter. Es bezeichne p' den auf das Flächenelement im Ring aa senkrechten Druck. Zerlegt man p' , wie auf Abb. 13 angegeben, so erhält man für die Ringkraft T_2 den Ausdruck

$$T_2 = p' r_1 \operatorname{cosec} \Theta,$$

worin p' entweder graphisch oder mittels der Formel

$$p' = N_1 \cdot \frac{\sin^2(\Theta + \varphi)}{\sin^3 \Theta \left(1 + \frac{\sin \varphi}{\sin \Theta}\right)^2}$$

bestimmt werden kann. N_1 hat dieselbe Bedeutung wie oben und φ ist der Reibungswinkel des Materials; T_2 wächst von 0 bei B bis zum Maximum bei A .

b) Tiefe Behälter. Bezeichnet N_2 den seitlichen Druck (vergl. Zellensilos), so ist

$$T_2 = N_2 \cdot r_1.$$

Der Ring, welcher das ganze Gewicht des Behälters mit Inhalt trägt, wird in drei oder mehreren Punkten unterstützt, so daß er auf Druck, Biegung und Drehung beansprucht wird. Bezeichnet P das ganze Gewicht des Behälters mit Füllung und r den Radius des Ringes (AA), so ist die senkrechte Belastung des Ringes für eine Längeneinheit $\frac{P}{2\pi r}$. Zerlegt man diese Kraft in zwei Seitenkräfte, die eine in der Meridianrichtung und die andere in der horizontalen (radialen) Richtung, und bezeichnet man letztere mit N_1 , so ist

$$N_1 = \frac{P}{2\pi r} \cdot \operatorname{ctg} \Theta.$$

Der Druck im Ring wird somit

$$T_2 = \frac{P}{2\pi r} \operatorname{ctg} \Theta \cdot r = \frac{P \operatorname{ctg} \Theta}{2\pi}.$$

Wie die Biegung und Drehung berücksichtigt werden, wird unter „Ring“ (siehe unten) gezeigt werden.

c) Kugelförmige Behälterböden (Abb. 14).

Die Meridiankraft im Schnitt aa ergibt sich, ähnlich wie für kegelförmigen Boden, zu

$$T_1 = \frac{P_1}{2\pi r' \sin^2 \alpha'}$$

P_1 bedeutet auch hier das ganze Gewicht (einschl. Wandung) unterhalb aa , vermehrt um die auf die Fläche aa noch lastende obere Füllung.

Die Ringkraft ergibt sich zu

$$T_2 = p' r' \sin^2 \alpha'.$$

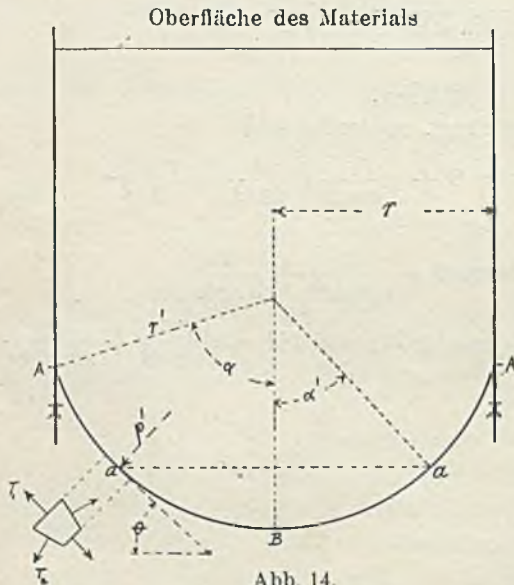


Abb. 14.

f) Ring (Abb. 15).

Der Ring AA in den Abb. 13 u. 14 hat das Gewicht des Behälters mit Inhalt und dessen Eigenlast zu tragen. Er wird durch vier oder mehrere Säulen abgestützt. Es bezeichne

P die Gesamtlast auf den Ring,

r den Radius des Ringes,

n die Anzahl der Säulen,

$\alpha = \frac{2\pi}{n}$ den Zentriwinkel, gebildet durch Radien, welche durch zwei aufeinanderfolgende Säulen gehen,

α' den Winkel, welchen der Radius in irgend einem Punkt mit dem Radius einschließt, der durch die unmittelbar links vom Punkt befindliche Säule geht,

M das Biegemoment in irgend einem Querschnitt des Ringes,

T das Drehmoment in irgend einem Querschnitt des Ringes,

Q die Querkraft in irgend einem Querschnitt des Ringes,

$P_a = P_b =$ die Auflagerreaktionen der Säulen.

Man denke sich den Ring über zwei aufeinanderfolgenden Säulen, z. B. A und B , durchgeschnitten und die abgeschnittenen Teile durch äußere Kräfte und Momente ersetzt. Die Querkraft unmittelbar links von A ist

$$Q = \frac{P}{2n}.$$

Ähnlich wie bei einem kontinuierlichen Träger treten über den Stützen Biegemomente auf. Diese können, da wegen vollständiger Symmetrie der Konstruktion

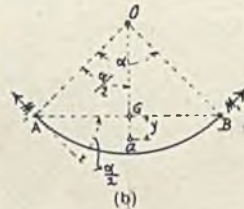
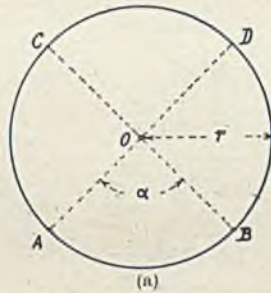


Abb. 15.

und Belastung die Auflagerdrücke bekannt sind, ohne Zuhilfenahme von Elastizitätsgleichungen bestimmt werden. Bezeichnet M_1 diese Stützenmomente und y den Abstand des Schwerpunktes des Bogens von der Kippachse AB , so ergibt die Gleichgewichtsbedingung $\sum M_i = 0$, indem AB als Momentenachse angenommen wird:

$$2 M_1 \sin \frac{\alpha}{2} + \frac{P}{n} y = 0$$

oder

$$M_1 = - \frac{P}{2n} y \operatorname{cosec} \frac{\alpha}{2}.$$

Da

$$y = Oa - OG,$$

so ist

$$y = \frac{2r \cdot \sin \frac{\alpha}{2}}{\alpha} - r \cos \frac{\alpha}{2}$$

oder

$$y = 2r \left(\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\alpha} - \frac{1}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right).$$

Setzt man diesen Wert in die Gleichgewichtsbedingung ein, so erhält man

$$M_1 = -\frac{P}{2n} \cdot 2r \left(\frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\alpha} - \frac{1}{2} \cos \frac{\alpha}{2} \right) \operatorname{cosec} \frac{\alpha}{2}$$

oder

$$M_1 = -\frac{Pr}{n} \left(\frac{1}{\alpha} - \frac{1}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \right).$$

Mit $n = 4$ wird $\alpha = \frac{\pi}{2}$; es ergibt sich dann

$$M_1 = -\frac{Pr}{2} \left(\frac{1}{\pi} - \frac{1}{4} \right) = -0,03415 Pr.$$

In irgend einem Querschnitt b des Ringes (Abb. 15c) bekommt man das Moment M_b tangential zu dem Ring und ein Drehmoment T_b senkrecht zu demselben.

Man erhält

$$M_b = M_1 \cos \alpha' + (P_a - Q) AC - \frac{P\alpha' \cdot ad}{2\pi}.$$

Hierin ist a der Schwerpunkt des Bogens Ab und $\frac{P\alpha'}{2\pi}$ der Gewichtsanteil, welcher dem Winkel α' entspricht.

Nun ist

$$AC = r \sin \alpha'$$

$$Oa = \frac{2r \cdot \sin \frac{\alpha'}{2}}{\alpha'}$$

und

$$ad = \frac{2r \cdot \sin^2 \frac{\alpha'}{2}}{\alpha'}.$$

Man erhält somit

$$M_b = M_1 \cos \alpha' + \frac{P}{2n} r \sin \alpha' - \frac{Pr \sin^2 \frac{\alpha'}{2}}{\pi}.$$

Ist $\alpha' = 0$, so ergibt sich

$$M_b = M_1,$$

und wenn $\alpha' = \frac{\alpha}{2}$, d. h. für den Querschnitt in der Mitte zwischen den Säulen, erhält man das Moment

$$M_2 = M_1 \cos \frac{\alpha}{2} + \frac{Pr}{2n} \left(\sin \frac{\alpha}{2} - \frac{2 \sin^2 \frac{\alpha}{4}}{\frac{\alpha}{2}} \right).$$

Ist $n = 4$, dann ist $\alpha = \frac{\pi}{2}$ und

$$M_2 = M_1 \cos 45^\circ + \frac{Pr}{8} \left(\sin 45^\circ - \frac{8 \sin^2 22\frac{1}{2}^\circ}{\pi} \right).$$

Da für diesen Fall $M_1 = -0,03415 Pr$, so erhält man

$$M_2 = 0,01762 Pr.$$

Der Inflexionspunkt ergibt sich, indem man die Gleichung $M_b = 0$ in bezug auf α auflöst.

Für den Sonderfall $n = 4$ z. B. erhält man

$$M_b = \frac{Pr}{2} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\pi} \right) \cos \alpha' + \frac{Pr}{8} \sin \alpha' - \frac{Pr}{\pi} \sin^2 \frac{\alpha'}{2} = 0,$$

woraus sich ergibt

$$\cos \alpha' + \sin \alpha' = \frac{4}{\pi}$$

und

$$\alpha' = 19^\circ 12' \text{ oder } 70^\circ 48'.$$

Das Drehmoment in irgend einem Punkt b setzt sich aus den Momenten der Kräfte links von b in bezug auf die Tangente in b zusammen.

Man erhält

$$T_b = -M_1 \sin \alpha' - (P_a - Q) cb + \frac{P\alpha'}{2\pi} db.$$

Nun ist

$$\begin{aligned} cb &= r(1 - \cos \alpha') \\ db &= r - Oa \cdot \cos \frac{\alpha'}{2} \\ &= r - \frac{2r \sin \frac{\alpha'}{2} \cos \frac{\alpha'}{2}}{\alpha'} \\ &= r \left(1 - \frac{\sin \alpha'}{\alpha'} \right). \end{aligned}$$

Somit

$$T_b = -M_1 \sin \alpha' - \frac{P}{2n} r(1 - \cos \alpha') + \frac{P\alpha'}{2\pi} r \left(1 - \frac{\sin \alpha'}{\alpha'} \right).$$

Wenn $\alpha' = 0$, dann ist $T_1 = 0$.

Wenn $\alpha' = \frac{\alpha}{2}$, dann ist

$$T_b = -M_1 \sin \frac{\alpha}{2} - \frac{Pr}{2n} \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) + \frac{P\alpha r}{4\pi} \left(1 - \frac{\sin \frac{\alpha}{2}}{\frac{\alpha}{2}} \right) = 0.$$

Um den Maximalwert von T_b zu finden, setzen wir $\frac{dT_b}{d\alpha'} = 0$; man bekommt

$$\frac{dT_b}{d\alpha'} = -M_1 \cos \alpha' - \frac{Pr}{2n} \sin \alpha' + \frac{Pr}{2\pi} - \frac{Pr \cos \alpha'}{2\pi} = 0$$

oder

$$-M_1 \cos \alpha' - \frac{Pr}{2n} \sin \alpha' + \frac{Pr}{2\pi} (1 - \cos \alpha') = 0.$$

Ist $n = 4$, so ist

$$M_1 = \frac{Pr}{2} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\pi} \right)$$

und

$$\cos \alpha' + \sin \alpha' = \frac{4}{\pi}$$

und

$$\alpha' = 19^\circ 12' \text{ oder } 70^\circ 48'$$

und

$$T_b = 0,0053 Pr.$$

Aus dem Vorhergehenden ersehen wir, daß das Biegemoment an den Säulen und in der Mitte zwischen den Säulen seinen höchsten Wert erreicht und bei den Inflexionspunkten 0 ist, während das Drehmoment bei dem Inflexionspunkt seinen Maximalwert hat und bei dem höchsten Biegemoment 0 ist.

Die größten Querkräfte, Biegungs- und Drehmomente, wie sie mittels obiger Formeln für Ringe mit 4, 6, 8, 12 Säulen berechnet wurden, sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle VIII.
Kreisförmiger Ring.¹⁾

Anzahl der Säulen	Säulenlast	Größe Querkraft	Biegemomente über den Stützen	Biegemomente in der Mitte zwischen den Säulen	Winkelabstand zwischen Säule und Querschnitt des größten Drehmoments	Maximales Drehmoment
4	$P:4$	$P:8$	$-0,03415 Pr$	$+0,01762 Pr$	$19^\circ 12'$	$0,0053 Pr$
6	$P:6$	$P:12$	$-0,01482 Pr$	$+0,00751 Pr$	$12^\circ 44'$	$0,00151 Pr$
8	$P:8$	$P:16$	$-0,00827 Pr$	$+0,00416 Pr$	$9^\circ 33'$	$0,00063 Pr$
12	$P:12$	$P:24$	$-0,00365 Pr$	$+0,00190 Pr$	$6^\circ 21'$	$0,000185 Pr$

g) Säulen (Abb. 16).

Die Beanspruchung der Säulen ist von der senkrechten Last und vom Winddruck abhängig. Die Normalkraft einer Säule ist gleich P , dividiert durch die Anzahl der Säulen, wenn P das Gesamtgewicht des Behälters mit Inhalt bedeutet. Zur Berechnung der vom Winddruck herrührenden Kräfte verfähre man folgendermaßen:

Man berechne den Winddruck auf die dem Winde ausgesetzte Oberfläche und lasse ihn im Schwerpunkt der vertikalen Projektion dieser Oberfläche wirken. Die Windrichtung wird horizontal angenommen.

Um dann die Säulenkräfte in irgend einem Punkt zu berechnen, führe man in diesem Punkt einen horizontalen Schnitt durch die Säulen. Der senkrechte Maximaldruck in Säule 1 wird auf der vor Wind geschützten Seite auftreten, wenn der Wind in der Richtung 1—1 weht. AB stellt die Neutralachse dar, und die einzelnen Kräfte berechnen sich wie folgt:

Der Behälter habe acht Säulen, dann ist das Biegemoment, d. h. das Moment des Winddrucks in bezug auf den geführten Horizontalschnitt,

$$M = \text{Kraft 1} \cdot 2r + \text{Kraft 2} \cdot 4r \cos 45^\circ.$$

Da aber die Säulen als Fasern eines auf Biegung beanspruchten Prismas betrachtet werden können, so ergibt sich wegen des Ebenbleibens der Querschnitte

$$\frac{\text{Kraft 1}}{\text{Kraft 2}} = \frac{r}{r \cos 45^\circ}$$

woraus

$$\text{Kraft 2} = \text{Kraft 1} \cos 45^\circ.$$

Eingesetzt in M erhält man:

$$M = \text{Kraft 1} \cdot 2r + \text{Kraft 1} \cdot 4r \cdot \cos^2 45^\circ$$

oder
oder

$$M = \text{Kraft 1} (2r + 2r)$$

$$\text{Kraft 1} = \frac{M}{4r}$$

$$\text{Kraft 2} = \frac{M}{4r} \cdot \cos 45^\circ = \frac{M}{4r} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{0,7 M}{4r}$$

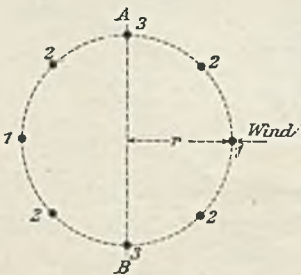


Abb. 16.

¹⁾ Aus einem Artikel von H. J. Burt, M. Am. Soc. C. E. im Technograph, Nr. 16.

In einem Behälter mit sechs Säulen ist die Kraft in der entferntesten Säule $\frac{M}{3r}$ und in jeder von der anderen $\frac{1}{2} \frac{M}{3r}$. In einem Behälter mit vier Säulen ist die Kraft in jeder Säule $\frac{M}{2r}$.

Wenn die Säulen vertikal sind, werden die Maximalspannungen an deren Fuße auftreten. Sind die Säulen geneigt, so muß die Berechnung für die obersten und untersten Querschnitte durchgeführt werden.

Die Maximalspannungen ergeben sich als Summe der von der vertikalen Last und dem Winddruck herrührenden Beanspruchungen.

Ist die aufwärts gerichtete Zugkraft in den Säulen auf der Windseite größer als die vom Eigengewicht der Konstruktion herrührende Drucklast, so muß die Säule unten verankert werden. Das Gewicht des Mauerwerkfußes, in welchem die Verankerung der Säule zu erfolgen hat, muß mindestens das Doppelte der Zugkraft betragen.

Druckversuche auf Behälterwände.¹⁾

Verhältnismäßig wenige Druckversuche sind mit Kohle, Erz, Asche usw. für Behälterwände gemacht worden. Die folgenden dürften die einzig erwähnenswerten sein.

Kohle und Asche. Die Werte für Gewicht und Böschungswinkel, wie sie von verschiedenen Firmen und Konstrukteuren verwendet werden, sind in Tabelle IX zusammengestellt. Es zeigte sich u. a., daß, je größer das Material, desto kleiner der Druck ist.

J. E. A. Moore gibt an, daß Kohle, Erz usw. in Klumpen gewöhnlich einen Böschungswinkel $\varphi = 30^\circ$ besitzen, wenn das Material trocken ist, während für feuchtes Material der Böschungswinkel bis nahezu 90° zunimmt. Für trockene lockere Kohle gebraucht er $\varphi = 45^\circ$, und für trockenes Eisenerz nimmt er $\varphi = 35^\circ$ an.

Tabelle IX.

Spezifisches Gewicht und Böschungswinkel von Kohle, Koks, Asche und Erz

Material	Gewicht in kg für 1 m ³	Böschungswinkel in Grad
	γ	φ
Bituminöse Kohle	800	35
" " " " " " "	752	35
" " " " " " "	752 bis 896	—
Anthrazitkohle	832	27
" " " " " " "	834	27
Feine Anthrazitkohle	—	27
Anthrazitkohle	832 bis 896	—
Kohlenschlacke	—	45
" " " " " " "	848	37 ¹ / ₃
Koks	358 bis 512	—
Asche	640	40
Asche, weiche Kohle	640 bis 720	—
Erz, weiches Eisen	—	35

¹⁾ Vergl. das in Fußnote S. 6 erwähnte Werk.

Reibungswinkel auf Behälterwände. Der Reibungswinkel ist vom Material und der Behälterwand abhängig.

Bis genauere Daten vorliegen, können folgende Werte benutzt werden:

Tabelle X.

Reibungswinkel von verschiedenen Materialien auf Behälterwände.

Material	Stahlplatten	Bauholz	Beton
	φ'	φ'	φ'
Bituminöse Kohle	18°	35°	35°
Anthrazitkohle	16	25	27
Asche	31	40	40
Koks	25	40	40
Sand	18	30	30

Um für feuchtes und insbesondere für feines Material sich selbst entladende Silos zu bekommen, ist es nötig, den Siloböden einen bedeutend steileren Winkel als den Böschungswinkel φ oder den Reibungswinkel φ' (zwischen Material und Wand) zu geben.

II. Zellensilos.

Die Ermittlung des Seiten- und Bodendrucks bei Zellensilos kann nicht in derselben einfachen Weise wie bei großräumigen Silos erfolgen. Bei demselben spezifischen Gewichte ist der Getreidedruck¹⁾ kleiner als der Flüssigkeitsdruck und größer als der Erddruck. Die Erddrucktheorie, welche der Druckbestimmung bei großräumigen Silos zugrunde lag, könnte für Zellensilos nur sofern Anwendung finden, als die sogenannte Gleitfläche die Materialoberfläche noch schneiden würde. Das wird jedoch nur bis zu einer geringen Tiefe stattfinden. Bei größeren Tiefen versagt die Erddrucktheorie, es versagt gleichfalls auch die Theorie des Flüssigkeitsdruckes, da die Reibungskräfte, welche zwischen den einzelnen Körnern sowie zwischen denselben und der Wandung vorhanden sind, einen bedeutenden Einfluß auf die Druckübertragung ausüben. Je kleiner diese Reibungskräfte, d. h. je glatter die einzelnen Körner sind, desto größer werden die Drücke, z. B. erzeugt der Mais bei demselben spezifischen Gewichte wie der Weizen infolge seiner glatten Kornoberfläche einen um 22 vH. größeren Seiten- und Bodendruck. In Anbetracht dessen, daß die vorgenannten zwei Theorien hierfür nicht anwendbar sind, sah man sich genötigt, eigens Versuche vorzunehmen, um den Druck auf die Seitenwände und den Boden einer Silozelle zu bestimmen. Unabhängig davon oder an Hand der Versuche sind auch Berechnungsarten für die praktische Verwendung aufgestellt worden. Im nachfolgenden möge der experimentelle Weg von den theoretischen Erörterungen getrennt behandelt werden.

a) Versuche.

Die ersten bekannt gewordenen Versuche stammen von Isaak Roberts und sind im Engineering vom 27. Oktober 1882 und 31. Januar 1884 beschrieben. Sie zeigten, daß der Bodendruck proportional dem Durchmesser des der Zelle eingeschriebenen Kreises ist, daß er bis zu einer gewissen Tiefe zunimmt und von da ab konstant bleibt. Von deutschen Forschern ist in erster Reihe Janssen zu nennen, der unter dem Titel „Versuche über Getreidedruck in Silozellen“ in der Zeitschrift

¹⁾ Die Zellensilos werden gewöhnlich für Getreide benutzt, deshalb wird der Ausdruck Getreidedruck allgemein gebraucht werden.

des Vereins deutscher Ingenieure 1895 seine Versuche und Berechnungsergebnisse veröffentlichte. Die Versuche nahm er an vier hölzernen Versuchszellen von quadratischem Querschnitte und Seitenlängen von 20, 30, 40 und 60 cm und von ungefähr 2 m Höhe vor. Es ergab sich hierbei ein erheblich geringerer Bodendruck als der Flüssigkeitsdruck. Aus dieser Beobachtung konnte Janssen eine Berechnungsweise ableiten, von welcher später die Rede sein wird und die namentlich in Deutschland sich des besten Rufes erfreut. Auch zur Bestimmung der Reibungskoeffizienten zwischen Getreide und Getreide sowie Getreide und Zellenwand stellte Janssen Versuche an. Im Jahrgang 1896 der Z. d. V. d. I. veröffentlichte dann Prante seine Versuche, welche mit zwei zylindrischen eisernen Behältern von 1,50 bzw. 3,80 m Durchmesser und 19 m Höhe vorgenommen wurden. Er maß nur die Seitendrucke und fand etwas kleinere als die sich aus Janssens Formeln ergebenden Werte. Bei Weizen, der sich mit einer Geschwindigkeit von 1 mm in der Sekunde bewegte, wuchs der Seitendruck bis zum Vierfachen des statischen Druckes.

Die Ausflußöffnung war an der Seite nahe am Boden gelegen, wahrscheinlich gerade der Stelle gegenüber, wo die Druckmessung stattfand; dies wird für den Druck auf die der Ausflußöffnung gegenüberliegende Seite den großen Überschuß gegenüber dem statischen Druck ergeben haben. Trotzdem Prantes Versuche sonst ganz sorgfältig waren, sind die Ergebnisse wegen des angewendeten Messungapparates und der Lage der Ausflußöffnung nicht ganz zuverlässig. Diese Versuche zeigen, daß die Behälter so gebaut werden sollten, daß die Öffnungen in der Nähe des Bodenmittelpunktes sich befinden. Andere Forscher, wie Foltz, Airy, Milo S. Ketchum, Jamieson, Bovey, Luft, Pleißner, haben die Frage noch weiter behandelt. Sehr wertvoll sind die Versuche von Pleißner, welche in der Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1906, Nr. 25 veröffentlicht wurden.¹⁾ Die Versuche sind an großen Silos von in der Praxis üblichen Abmessungen angestellt worden. Es wurden hierbei hölzerne und Eisenbetonsilos angewendet und die Seitendrucke aus der gemessenen Durchbiegung ermittelt. Bezeichnet f den Biegungspfeil und l die Spannweite der auf Biegung durch den gleichmäßig verteilten Seitendruck P beanspruchten Seitenwand, so ist

$$f = \frac{5 Pl^3}{384 EJ}.$$

Um genauer vorzugehen, ist mit Rücksicht auf den unsicheren Wert von E der Seitendruck P nicht direkt aus dieser Formel ermittelt worden, sondern es wurde zuerst durch Gewichtsbelastungsversuche die Einzellast P' ermittelt, die, in der Mitte des Biegungskörper wirkend, dasselbe f erzeugt. Dann wurde gesetzt

$$f = \frac{P' l^3}{48 EJ} = \frac{5 Pl^3}{384 EJ},$$

woraus

$$P = \frac{384}{240} P'.$$

Die Bodendrucke wurden nach dem von Roberts und Janssen angegebenen Verfahren gewogen. Ein im Silo beweglicher abgedichteter Boden war mittels einer durch den Silo durchgehenden und gegen das Getreide durch ein Schutzrohr gesicherten Stange an dem einen Schenkel eines ungleichseitigen Wagebalkens auf-

¹⁾ Versuche zur Ermittlung der Boden- und Seitenwanddrücke in Getreidesilos von J. Pleißner, Ingenieur der Firma T. Bienert.

gehängt, an dessen anderem Schenkel eine Wageschale hing, welche während des Einlaufs des Getreides nach und nach mit 25, 50, 75 kg usw. belastet wurde.

Es sind von der genannten Firma in den Jahren 1902 bis 1905 insgesamt 126 Versuche unter Benutzung von Weizen, Roggen, Raps und Lein ausgeführt worden.

Die Ergebnisse dieser Versuche faßt der Verfasser zusammen wie folgt:

1. In den Silos findet eine auffallende Zunahme des spezifischen Gewichtes des Getreides statt.

Ist h_n die Höhe der Getreidesäule und γ_m das mittlere spezifische Gewicht dieser Getreidesäule, so zeigt sich ferner, daß mit wachsendem h_n , γ_m abnimmt. Die Zunahme des spezifischen Gewichtes von Getreide in Silos ist darum überwiegend eine Wirkung der lebendigen Kraft, mit welcher die durch den hohen Siloraum frei herabfallenden Getreidekörner auf ihr Lager aufschlagen, damit die hohe Dichtigkeit ihrer Lagerung bewirkend, und nur zum geringeren Teile die Folge einer Verdichtung der Masse durch die darüberliegende Getreidesäule. Hiermit erklärt sich u. a., daß man mit Modellzellen, in denen diese Fallwirkung der Getreidekörner aus großer Höhe nicht eingetreten ist, andere Versuchsergebnisse als mit großen Silos erhalten muß.

2. Die Bodendrucke sind den Seitenlängen s proportional.

3. Die Bodendrucke nähern sich nicht einer erkennbaren Grenze.

4. Die Seitendrucke in Zellen gleicher Bauart sind nicht den Seitenlängen s proportional, sondern nehmen mit diesen etwas ab.

5. Die Seitendrucke nähern sich einer erkennbaren Grenze.

6. Die Anschauung, die den bisherigen theoretischen Untersuchungen der Silokräfte zugrunde liegt, daß nämlich in jedem Querschnitt das Verhältnis $\frac{p_s}{p_b}$ des Seitendrucks zum Bodendruck konstant sei, ist nicht zutreffend. Das Verhältnis $\frac{p_s}{p_b}$ weist im Gegenteil eine ausgesprochene Abnahme mit der zunehmenden Getreidesäule auf.

7. Die Silokräfte kann man nicht zu den Wandreibungskoeffizienten allein in Beziehung bringen, da durch die Wandreibung unmittelbar nur die an der Wand anliegende Getreideschicht getragen wird, das übrige Getreide wird nach innen von der inneren Reibung an den von der Wand gestützten Getreideschichten gehalten. Die Tragwirkung der Wände greift um so weiter, je weiter die Zelle ist.

8. Aus vorigem ergibt sich, daß eine zutreffende theoretische Untersuchung über die Boden- und Seitendrucke in Getreidesilos sich nur auf Siloversuche aufbauen kann, bei denen die Boden- und Seitendrucke gemessen werden.

9. Das Ziehen des Auslaßschiebers, womit die Entleerung eines Silos eingeleitet wird, ist ohne wesentlichen Einfluß auf die Bodendrucke; dagegen kann die dadurch hervorgerufene Störung des Gleichgewichtes der Silokräfte die Seitendrucke wesentlich beeinflussen und dieselben sogar auf das Doppelte erhöhen. Der mit diesen plötzlichen Druckschwankungen erhöhten Beanspruchung der Seitenwände muß deshalb der Silokonstrukteur stets Rechnung tragen (vergl. „Besprechung der Versuche“).

10. Bei allen Ausläufen ist auf die auffallende Erscheinung hinzuweisen, daß sich sowohl die Seitendrucke, als auch die Bodendrucke fast bis zur Entleerung nahezu auf ihrer ursprünglichen Höhe erhalten und dann schnell zusammensinken.

Für den Eisenbetonsilo erhielt Pleißner folgende Werte:
Tabelle XI.

	$\text{tg } \varphi'$	$\frac{p_s}{p_b}$
Weizen	0,71	0,3 bis 0,35
Roggen	0,85	0,3



$\text{tg } \varphi'$ bedeutet hierbei den Reibungskoeffizienten zwischen Füllmaterial und Silowand.

Besprechung der Versuche.¹⁾

Seit Veröffentlichung der Pranteschen Versuche im Jahre 1896 war unter den Fachleuten eine große Meinungsverschiedenheit entstanden:

- a) über den Einfluß der Getreidebewegung auf die Seitenwanddrücke,
- b) über den Einfluß des Zellenquerschnitts auf die beobachteten Drücke.

Zu a). Prante erhielt mit Weizen, der sich mit einer Geschwindigkeit von 1 mm in der Sekunde bewegte, einen viermal so großen Seitendruck als der entsprechende statische Druck und stellte fest, daß mit steigender Geschwindigkeit die Seitendrücke rasch zunahm bis zum vollen hydraulischen Druck als Grenze. Pleißner erhielt bei derselben Geschwindigkeit nur eine Verdoppelung des statischen Seitendrucks. Janssen fand für denselben Fall nur eine Steigerung von 4 bis 7 vH. und Bovey eine solche von 9,7 vH. Luft und Milo S. Ketchum fanden überhaupt keine schätzbare Steigerung des Druckes bei sich bewegendem Getreide über den statischen Druck.

In den Versuchen von Prante und Pleißner waren die Ausflußöffnungen nicht in der Zellenmitte. Diese Versuche weisen somit auf die verdrehende Wirkung einer exzentrischen Ausflußöffnung hin, wie es nach Boveys und Luftts Versuchen augenscheinlich ist, und geben keine bestimmte Auskunft über den Einfluß sich bewegenden Getreides auf den Seitendruck.

Die angestellten Versuche scheinen zu dem Schluß zu führen, daß mit Ausflußöffnungen in der Bodenmitte und einer Ausflußöffnung nicht größer als $\frac{1}{150}$ des

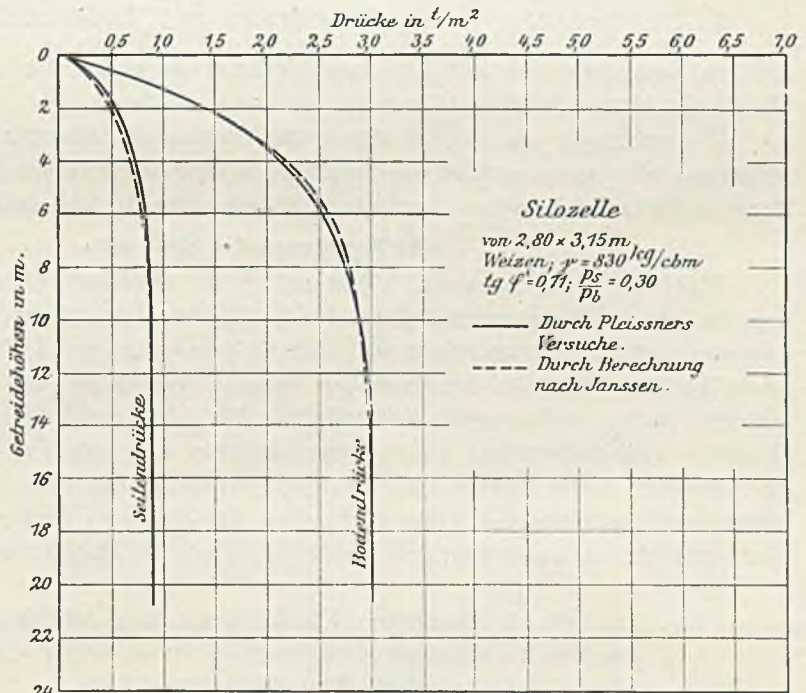


Abb. 17.

¹⁾ Vergl. das in Fußnote S. 6 genannte Werk von Milo S. Ketchum.

Zellenquerschnitts die sich bewegendem Getreide gehörige Drucksteigerung nicht mehr als 10 vH. des statischen Druckes ausmacht.

Zu b). Pleißner stellt fest, daß bei einem kleinen Zellenquerschnitt sich das Getreide wölbt, so daß die erhaltenen Werte dann nicht unbedingt richtig, obgleich die angezeigten relativen Veränderungen genau sind. Die lotrechten Druckschwankungen waren sicherlich eine Folge der exzentrischen Ausflußöffnung. Aus Abb. 17 kann man ersehen, daß Pleißners Aufzeichnungen für ruhendes Getreide bei Zellen mit großer Querschnittsfläche sehr eng mit den durch Janssens Formeln berechneten Drücken übereinstimmen. Versuche durch Bovey, Jameson und Milo S. Ketchum zeigen, daß die wölbende Wirkung unbedeutend ist, und daß die mit kleinen und großen Zellenquerschnitten erhaltenen Drücke eine gute Übereinstimmung ergeben.

Schl u ß f o l g e r u n g e n.

Folgende Schlüsse kann man aus den vorhergehenden Versuchen ziehen:

1. Der Getreidedruck auf Behälterwände und -böden folgt einem Gesetz (welches der Kürze halber das Halbflißigkeitsgesetz genannt werden kann), das ganz verschieden von dem Gesetz des Flüssigkeitsdruckes und des Erddrucks ist.
2. Der seitliche Druck von Getreide auf Behälterwände ist kleiner als der senkrechte (0,3 bis 0,6 des senkrechten Druckes, abhängig von dem Getreide usw.) und nimmt, nachdem eine Tiefe von 2 1/2 bis 3mal die Weite oder der Durchmesser des Behälters erreicht ist, sehr wenig zu.
3. Das Verhältnis $\frac{p_s}{p_b}$ des Seitendruckes zum Bodendruck ist keine Konstante, sondern verändert sich mit den verschiedenen Getreidesorten und Behältern. Dieses Verhältnis kann nur durch Versuche bestimmt werden.
4. Der Druck von sich bewegendem Getreide ist bei zentrisch gelagerten Ausflußöffnungen sehr wenig größer als derjenige ruhenden Getreides (die maximale Schwankung dürfte unter gewöhnlichen Verhältnissen etwa 10 vH. betragen).

b) Berechnung der Silokräfte.

Methode von Janssen. Wie auf S. 25 erwähnt, ergaben die Versuche von Janssen erheblich geringeren Bodendruck als der Flüssigkeitsdruck. Dies ist auf die zwischen den Zellenwandungen und dem Getreide entstehende Reibung zurückzuführen. Diese Reibung wird bei zunehmender Tiefe bald so groß, daß eine Druckvermehrung auf den Boden nicht mehr wahrnehmbar ist; also muß dann die Reibung zwischen Getreide und Zellenwand gleich dem Gewichte der von den Umfassungswänden eingeschlossenen Getreideschichten sein. Die Größe des in diesem Falle gegen die Umfassungswände wirkenden Getreidedrucks, welcher dann auch offenbar seinen größten Wert erreicht, ist rechnerisch in folgender Weise zu bestimmen:

Ist

- $p_{s \text{ max}}$ = größter spezifischer Flächendruck des Getreides gegen die Zellenwand,
- f = Reibungskoeffizient zwischen Getreide und Zellenwand,
- s = Seite des quadratischen Zellengrundrisses,
- dh = Höhe einer Getreideschicht,
- γ = spezifisches Gewicht des Getreides,

so ergibt sich die Gleichung

$$p_{s \text{ max}} \cdot f \cdot 4 s dh = \gamma \cdot s^2 \cdot dh,$$

woraus

$$p_{s \text{ max}} = \frac{\gamma s}{4f} \dots \dots \dots (1)$$

Unter der Voraussetzung, daß der Reibungskoeffizient f für veränderliche Flächenpressungen konstant bleibt, ist der vom Getreide gegen die Zellenwand ausgeübte größte Flächendruck für verschiedene Zellenweiten quadratischen Querschnitts proportional der Seitenlänge des Zellengrundrisses.

Unter der weiteren Voraussetzung, daß der Seitendruck proportional dem jeweiligen Vertikaldruck des Getreides ist, läßt sich der letztere in folgender Weise rechnerisch bestimmen:

Ist:

p_b = Bodendruck, d. h. senkrechter Flächendruck des Getreides auf die Grundflächeneinheit,

p_s = Seitendruck des Getreides auf die Flächeneinheit,

$f = \text{tg } \varphi'$ = Reibungskoeffizient zwischen Getreide und Zellenwand,

$$k = \frac{p_s}{p_b} f,$$

U = Zellenumfang,

F = Zellenquerschnitt,

x = Schütthöhe des Getreides in der Zelle,

γ = spezifisches Gewicht des Inhalts,

e = Basis der natürlichen Logarithmen,

so folgt (Abb. 18)

$$F(p_b + dp_b - p_b) = \gamma F dx - f p_s U dx$$

$$dp_b = \gamma dx - \frac{f p_s U}{F} dx$$

$$dp_b = \gamma dx - k p_b \frac{U}{F} dx$$

$$\frac{dp_b}{\gamma \left(1 - \frac{k U p_b}{F \gamma}\right)} = dx$$

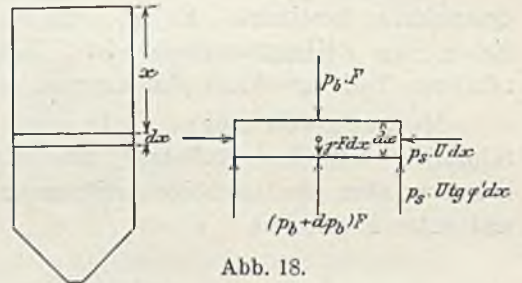


Abb. 18.

$$\int_0^{p_b} \frac{dp_b}{\gamma \left(1 - \frac{k U p_b}{F \gamma}\right)} = \int_0^x dx = x$$

$$-\frac{F}{k U} \log \text{nat} \left(1 - \frac{k U}{F \gamma} p_b\right) = x$$

oder

$$\log \text{nat} \left(1 - \frac{k U}{F \gamma} p_b\right) = -\frac{k U x}{F}$$

$$1 - \frac{k U}{F \gamma} p_b = e^{-\frac{k U x}{F}}$$

$$1 - e^{-\frac{k U x}{F}} = \frac{k U}{F \gamma} p_b$$

$$p_b = \frac{F \gamma}{k U} \left(1 - e^{-\frac{k U x}{F}}\right) \dots \dots \dots (2)$$

$$p_s = \frac{k p_b}{f} = \frac{F \gamma}{f U} \left(1 - e^{-\frac{k U x}{F}}\right) \dots \dots \dots (3)$$

Im Falle einer quadratischen Zelle mit der Seitenlänge s , d. h. mit $F = s^2$ und $U = 4s$, werden diese Ausdrücke

$$p_b = \frac{s\gamma}{4k} \left(1 - e^{-4k \frac{x}{s}}\right)$$

$$p_s = \frac{s\gamma}{4f} \left(1 - e^{-4k \frac{x}{s}}\right).$$

In diesen Gleichungen ist nur k unbekannt. Die Versuche von Janssen ergaben eine Schwankung dieses Wertes zwischen 0,203 und 0,235. Janssen nahm auch Versuche vor zur Bestimmung des Reibungskoeffizienten f und fand $f = 0,302$ bis 0,346 oder $14\frac{1}{2}$ vH. Abweichung. Für die rechnerische Bestimmung des Seitendrucks gegen die Zellenwandung setzte er dann

$$p_s = \frac{0,235}{0,346} p_b = 0,68 p_b$$

oder

$$p_s = \frac{0,203}{0,302} p_b = 0,675 p_b$$

oder rund

$$p_s = 0,7 p_b.$$

Hiermit ist der mittlere Druck gegen die Seitenwand einer Zelle quadratischen Querschnitts bestimmt. Es ist aber als sicher vorauszusetzen, daß in der Nähe der Ecken des Zellengrundrisses der Flächendruck unter diesen Mittelwert sinkt, im mittleren Teil der Wand sich dagegen darüber erhebt.

Methode von Koenen. In einem „Berechnung des Seiten- und Bodendrucks in Silozellen“ betitelten Aufsatz¹⁾ wiederholt dann Koenen die Janssensche Ableitung, indem er aber eine beliebige Schüttmasse — also nicht nur Getreide — ins Auge faßt und unter Ersatz von k durch

$$k = \frac{p_s}{p_b} \cdot f = \frac{\gamma x \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)}{\gamma x} \cdot \operatorname{tg} \varphi' = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi',$$

worin der Ausdruck $\gamma x \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ der Erddrucktheorie entlehnt ist. φ und φ' bedeuten den Böschungswinkel bzw. den Reibungswinkel zwischen Füllmaterial und Zellenwand.

Setzt man noch

$$m = \frac{kU}{F} = \frac{U}{F} \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \operatorname{tg} \varphi',$$

so erhält man die Koenenschen Formeln

$$p_b = \frac{\gamma}{m} (1 - e^{-mx}) \dots \dots \dots (1)$$

$$p_s = \frac{\gamma}{m} (1 - e^{-mx}) \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \dots \dots \dots (2)$$

Betrachtet man die Tiefen x als Abszissen und die entsprechenden Seitendrücke p_s als Ordinaten, beide bezogen auf das rechtwinklige Achsenkreuz $\gamma O x$, so erhält man

¹⁾ Z. d. B. 1896, S. 446.

die in Abb. 19 dargestellte Kurve der Seitendrucke. Für $x=0$ wird $e^{-mx} = e^0 = 1$ und $p_s = 0$. Da p_s mit zunehmendem x wächst, so ergibt sich

$$\text{für } x = \infty \quad p_{s \max} = \frac{\gamma}{m} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{\gamma}{\frac{U}{F} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

oder

$$p_{s \max} = \frac{\gamma}{\frac{U}{F} \operatorname{tg} \varphi'} \dots \dots \dots (3)$$

Dieser Ausdruck entspricht der von Janssen für eine quadratische Zelle mit der Seitenlänge s direkt abgeleiteten Formel

$$p_{s \max} = \frac{\gamma s}{4 f'}$$

da in diesem Falle $\frac{U}{F} = \frac{4s}{s^2} = \frac{4}{s}$ und $f' = \operatorname{tg} \varphi'$.

Die Gerade mit der Gleichung

$$y = p_{s \max}$$

stellt die Asymptote GC der Kurve dar.

Methode von Mörsch. In der Praxis würde die Ausrechnung der Werte p_s nach Gleichung 2) zu umständlich sein. Professor Mörsch¹⁾ schlägt deshalb vor, die Kurve durch die gebrochene Linie OFC zu ersetzen, wobei OF der Gleichung

$$y = \gamma x \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

entspricht, die die Kurve in O berührt. Letzteres ergibt sich aus der Gleichung

$$\frac{dp_s}{dx} = -\frac{\gamma}{m} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \frac{-m}{e^{-mx}} = \gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \frac{1}{e^{-mx}} = \gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{dy}{dx}$$

Durch diesen Ersatz erhält man jedoch zu große Werte für p_s , wie sich aus folgendem Zahlenbeispiel erkennen läßt.

Es handle sich um eine rechteckige Zelle von $4,80 \cdot 3,64$ m und 19 m Höhe. Das Material ist Weizen mit den Werten

$$\gamma = 760 \text{ kg/m}^3; \quad \varphi = 26^\circ; \quad \varphi' = 18^\circ.$$

Man erhält

$$\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 0,3895; \quad \operatorname{tg} \varphi' = 0,32$$

$$\frac{U}{F} = \frac{2(4,8 + 3,64)}{4,8 \cdot 3,64} = 0,97.$$

Somit

$$m = \frac{U}{F} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \operatorname{tg} \varphi' = 0,97 \cdot 0,3895 \cdot 0,32 = 0,121.$$

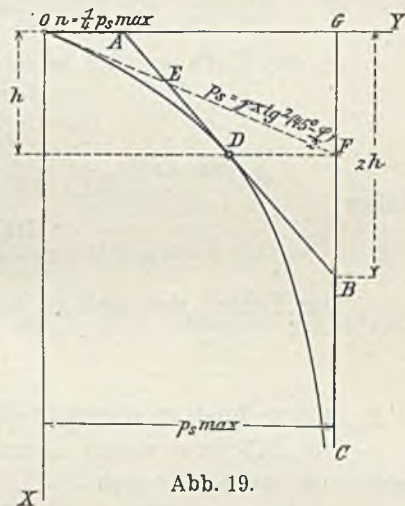


Abb. 19.

¹⁾ Der „Eisenbetonbau“, 4. Auflage.

Die Tiefe h , welche $p_{s \max}$ entspricht, berechnet sich aus

$$p_{s \max} = \frac{\gamma}{\frac{U}{F} \operatorname{tg} \varphi'} \gamma h \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

zu

$$h = \frac{1}{m} = \frac{1}{0,121} = 8,3 \text{ m}$$

und

$$p_{s \max} = \frac{\gamma}{\frac{U}{F} \operatorname{tg} \varphi'} = \frac{760}{0,97 \cdot 0,32} = 2450 \text{ kg/m}^2.$$

In der Tiefe $x = 8,3 \text{ m}$ erhält man somit

$$p_s = \frac{760}{0,121} (1 - e^{-0,121 \cdot 8,3}) \cdot 0,3895$$

$$e^{-0,121 \cdot 8,3} = e^{-1} = \cos 1 - \sin 1 = 1,5431 - 1,1752 = 0,3679,$$

daher

$$p_s = \frac{760}{0,121} (1 - 0,3679) 0,3895 = 1540.$$

Der Fehler, den man so begeht, beträgt also

$$\frac{2450 - 1540}{1540} = 0,59,$$

d. h. man rechnet an dieser Stelle um etwa 60 vH. zu hoch.

Die Differenz nimmt allerdings mit zunehmender Tiefe ab und beträgt an der untersten Stelle nur noch

$$2450 - \frac{760}{0,121} (1 - e^{-0,121 \cdot 19}) \cdot 0,3895 = 250$$

oder

$$\frac{250}{2200} = 0,114, \text{ rund } 10 \text{ vH.}$$

Wenn sich die Ausflußöffnungen in der Mitte der Zellen befinden — was stets zu empfehlen ist, da wegen der Drehwirkung bei exzentrischer Lage dieser Öffnungen eine bedeutende Steigerung des Druckes stattfindet —, dann erhöht sich der Druck bei sich bewegendem Getreide nur um etwa 10 vH. über den statischen Druck. Die oben ausgerechnete Druckerhöhung um 60 vH. scheint also nicht gerechtfertigt.

Methode des Verfassers. Es möge deshalb folgender einfache und genauere Weg für die Berechnung des Seitendrucks in Vorschlag gebracht werden.

Man bestimme in Abb. 19 den Schnittpunkt D der Horizontalen durch F mit der Koenenschen Kurve, ziehe in D eine Tangente an diese Kurve und verlängere sie bis zu den Schnittpunkten A und B mit der y -Achse bzw. der Asymptote. Ersetze dann die Kurve bzw. die gebrochene Linie OFC durch die gebrochene Linie $OABC$. Da man in der Praxis sowieso nicht mit einer Wandstärke $= 0$ anfangen kann, so ist das hinzukommende Dreieck OAE recht am Platze, andererseits kommt in wünschenswerter Weise das Dreieck EDF in Wegfall.

Die Gleichung der Tangente AB lautet

$$Y = \frac{dp_s}{dx} X + n,$$

für

$$\frac{dp_s}{dx} = \frac{\gamma}{e} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

geht dieselbe über in

$$y = \frac{\gamma}{e} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) x + n.$$

Bezeichnet man, wie oben, mit h die Abszissen der Punkte D und F , d. h. die Tiefe, wo $p_{s \max}$ eintritt, so ist

$$h = \frac{1}{m}.$$

Die Gleichsetzung der Kurvenordinate mit derjenigen der Tangente für den Berührungspunkt D ergibt somit

$$\frac{\gamma}{m} \left(1 - e^{-m \cdot \frac{1}{m}} \right) \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{\gamma}{e} \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) h + n$$

oder

$$n = \gamma h \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \left(1 - \frac{1}{e} - \frac{1}{e} \right) = 0,264 p_{s \max}.$$

Dieser Wert stellt den Abschnitt OA dar. Führt man ihn sowie $\gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \frac{p_{s \max}}{h}$ in die Gleichung der Tangente ein, so erhält man dieselbe schließlich unter der Form

$$y = p_s = p_{s \max} \left(\frac{0,3679}{h} x + 0,2642 \right) \dots \dots \dots (4)$$

Sind $p_{s \max}$ und h berechnet, so kann man mit Hilfe dieser Gleichung die Werte von p_s für die verschiedenen Werte von x bestimmen. Diese Gleichung gilt bis zum Schnittpunkte B der Tangente mit der Asymptote, von da abwärts nimmt man $p_s = p_{s \max}$. Die Abszisse von B ergibt sich zu

$$x_B = \frac{1 - 0,2642}{\frac{0,3679}{h}} = 2 h.$$

Der Gang der Berechnung wäre dann folgender:
Es werden die Werte

$$p_{s \max} = \frac{\gamma}{\frac{U}{F} \operatorname{tg} \varphi'}$$

und

$$h = \frac{p_{s \max}}{\gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}$$

bestimmt. Man zeichne dann ein Achsenkreuz xOy wie auf Abb. 19 und nehme auf Oy

$$OA = 0,264 p_{s \max}$$

oder auch rund

$$OA = \frac{1}{4} p_{s \max},$$

ziehe dann eine Parallele GC zu Ox in einem Abstand $OG = p_{s \max}$ von derselben, mache $GB = 2h$ und verbinde A mit B . Die gebrochene Linie $OABC$ stellt dann

durch ihre Ordinaten in bezug auf Ox das Diagramm der Seitendrücke dar. Man kann auch rechnerisch die einzelnen Werte von p_s mittels Gleichung (4) bestimmen. Als Bodendruck wäre dann bekannterweise zu setzen

$$p_{b \max} = \frac{p_{s \max}}{\operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}$$

Methode von Pleißner. Pleißner baute auf seinen Versuchen eine theoretische Untersuchung über die Boden- und Seitenkräfte auf, die an Hand der Zahlentafel 5 (Eisenbeton, Weizen) seiner Abhandlung hier vorgeführt werden möge.

Zahlentafel 5.

Versuchswerte								Näherungswerte	
Feld Nr.	p_n^b kg	$\frac{p_n^b}{\gamma_m \cdot s}$	p_n^s kg	$\frac{p_n^s}{\gamma_m \cdot s}$	$\frac{p_n^b}{p_n^s}$	$\operatorname{tg} \varphi_n = \frac{\gamma_m \cdot s + p_{n-1}^b}{4 p_n^s}$	$\operatorname{tg} \varphi'_n = \frac{\gamma_m \cdot s + p_{n-1}^b - p_n^b}{4 p_n^s}$	$\frac{p_n^b}{\gamma_m \cdot s}$	$\frac{p_n^s}{\gamma_m \cdot s}$
Eisenbetonsilo $s = \sqrt[3]{2,80 \cdot 3,15 \cdot 2,93} = 2,96$ m									
Weizen: Südrusse; 79 kg/hl; $\gamma_m = 831$ kg/m ³ ; $\gamma_m \cdot s = 2460$								$\operatorname{tg} \varphi = 1,51$ $\operatorname{tg} \varphi' = 0,71$ $\frac{p_n^b}{p_n^s} = 3,20$ $\frac{p_n^s}{c} = 0,53$	
I	1620	0,659	565	0,230	2,87	1,087	0,371	0,54	0,17
II	2280	0,927	775	0,315	2,94	1,316	0,581	0,83	0,26
III	2550	1,036	830	0,337	3,07	1,430	0,661	0,99	0,31
IV	2650	1,077	845	0,343	3,14	1,484	0,699	1,07	0,33
V	2700	1,098	855	0,348	3,16	1,492	0,703	1,10	0,35

Der beim Versuch angewendete Eisenbetonsilo (Abb. 20) hat $3,15 \times 2,80$ m lichten Querschnitt. Der Beton ist gegen ungehobelte Bretter gestampft und ungeputzt gelassen worden, so daß die Silowände rau sind. In je 2,93 m Höhenabstand ragen aus den Wänden wagerechte Ringe von trapezförmigem Querschnitt hervor. Die Getreidesäule wurde in fünf Felder zerlegt, und für diese wurden die zugehörigen Boden- und Seitendrücke ermittelt. Durch die Einteilung entstehen Parallelepipede, die Würfeln gleich sind, deren Seitenlänge

$$s = \sqrt[3]{2,80 \cdot 3,15 \cdot 2,93} = 2,96 \text{ m.}$$

Diese Würfelfelder sind fortlaufend mit I, II, III, IV, V bezeichnet, und es nimmt das unterste, mit den Druckmeßeinrichtungen versehene Feld im Laufe der Versuche der Reihe nach die Bezeichnungen I, II, III, IV, V an.

Als Seitendruck des n^{ten} Feldes soll der in der Bodenebene des n^{ten} Feldes herrschende Seitendruck verstanden werden.

Es sind nun in der Zahlentafel eingetragen:

In Rubrik 1: die Feld-Nr.,

" " 2: der entsprechende Bodendruck (p_n^b) in kg für 1 m²,

- In Rubrik 3: die Werte $\frac{p_n^b}{\gamma_m^s}$, wobei γ_m das mittlere spezifische Gewicht und s die Seitenlänge bezeichnet,
 „ „ 4: die Seitendrucke (p_n^s) in kg für 1 m²,
 „ „ 5: die Werte $\frac{p_n^s}{\gamma_m \cdot s}$,
 „ „ 6: die Werte $\frac{p_n^b}{p_n^s}$.

Aus diesen Werten lassen sich nun diejenigen von $\text{tg } \varphi_n$ und $\text{tg } \varphi'_n$ der 7. und 8. Rubrik wie folgt ermitteln.

Es sei in Abb. 21 das n^{te} Feld dargestellt, dessen Gewicht $G = s^3 \gamma_m$; der auf diesem Felde lastende Bodendruck $B_{n-1} = s^2 p_{n-1}^b$; der vom Felde ausgeübte Bodendruck $B_n = s^2 p_n^b$; der gegen die vier Feldwände gerichtete Seitendruck $S_n = 4 s^2 p_n^s$.

Unter der Annahme, daß die Seitenwände infolge der Reibung das ganze Getreidegewicht bis zum Boden des n^{ten} Feldes tragen können, erhält man

$$(1) \quad \text{tg } \varphi_n = \frac{G + B_{n-1}}{S_n} = \frac{s^3 \gamma_m + s^2 p_{n-1}^b}{4 s^2 p_n^s} = \frac{\gamma_m s + p_{n-1}^b}{4 p_n^s}, \quad (\text{Rubr. 7})$$

wobei $\text{tg } \varphi_n$ den gedachten Reibungskoeffizienten zwischen Getreide und Wand bezeichnen würde. In Wirklichkeit kann aber der Reibungskoeffizient nicht diesen hohen Wert erreichen, d. h. die Wände können nur einen Teil R_n des genannten Gewichtes tragen, und zwar ist

$$R_n = G + B_{n-1} - B_n.$$

Bezeichnet $\text{tg } \varphi'_n$ den entsprechenden Reibungskoeffizienten, so ist

$$(2) \quad \text{tg } \varphi'_n = \frac{R_n}{S_n} = \frac{G + B_{n-1} - B_n}{S_n} = \frac{s^3 \gamma_m + s^2 p_{n-1}^b - s^2 p_n^b}{4 s^2 \cdot p_n^s} = \frac{\gamma_m s + p_{n-1}^b - p_n^b}{4 p_n^s}. \quad (\text{Rubr. 8})$$

Sind γ_m^s , p^b und p^s bekannt, so erhält man aus diesen Formeln $\text{tg } \varphi_n$ und $\text{tg } \varphi'_n$. Umgekehrt: wären neben $\gamma_m s$ auch $\text{tg } \varphi_n$ und $\text{tg } \varphi'_n$ bekannt, so würden diese Formeln die Möglichkeit geben, daraus p^b und p^s zu bestimmen. Man erhält nämlich aus (1) und (2)

$$\text{tg } \varphi_n - \text{tg } \varphi'_n = \frac{p_n^b}{4 p_n^s}$$

oder

$$\frac{p_n^b}{p_n^s} = 4 (\text{tg } \varphi_n - \text{tg } \varphi'_n),$$

dann

$$\gamma_m s + p_{n-1}^b - p_n^b = 4 p_n^s \cdot \text{tg } \varphi'_n;$$

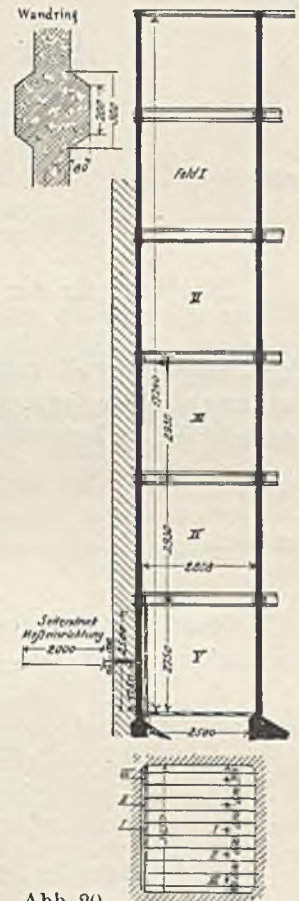


Abb. 20.

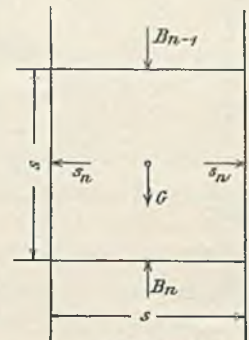


Abb. 21.

$$p_n^b = \gamma_m s + p_{n-1}^b - 4 p_n^s \operatorname{tg} \varphi_n' = \gamma_m s + p_{n-1}^b - 4 \cdot \frac{p_n^b}{4(\operatorname{tg} \varphi_n - \operatorname{tg} \varphi_n')} \cdot \operatorname{tg} \varphi_n'$$

oder

$$p_n^b = (\gamma_m s + p_{n-1}^b) \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi_n - \operatorname{tg} \varphi_n'}{\operatorname{tg} \varphi_n},$$

$$p_n^s = \frac{1}{4(\operatorname{tg} \varphi_n - \operatorname{tg} \varphi_n')} \cdot (\gamma_m s + p_{n-1}^b) \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi_n - \operatorname{tg} \varphi_n'}{\operatorname{tg} \varphi_n}$$

oder

$$p_n^s = \frac{\gamma_m s + p_{n-1}^b}{4 \operatorname{tg} \varphi_n}.$$

Man kann für den Eisenbetonsilo setzen

$$\operatorname{tg} \varphi_n = 1,43 + 0,016 n, \text{ bei } s = 2,96.$$

$\operatorname{tg} \varphi_n$ wächst sowohl mit der Getreidesäule als auch mit der Seitenlänge; $\operatorname{tg} \varphi_n'$ dagegen ist innerhalb der Versuchsgrenzen für jeden Silo nahezu konstant. Nimmt man annähernd auch $\operatorname{tg} \varphi_n$ als konstant an und setzt

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi_n - \operatorname{tg} \varphi'}{\operatorname{tg} \varphi} = c,$$

so ist

$$p_n^b = (\gamma_m s + p_{n-1}^b) c.$$

Setzt man nacheinander $n = 1, 2, 3$ usw., so erhält man

$$p_1^b = \gamma_m s c$$

$$p_2^b = \gamma_m s c + \gamma_m s c^2 = \gamma_m s c (1 + c)$$

$$p_3^b = \gamma_m s c + \gamma_m s c^2 (1 + c) = \gamma_m s c (1 + c + c^2)$$

⋮

$$p_n^b = \gamma_m s c (1 + c + c^2 + \dots + c^{n-1}).$$

Die Summe der in Klammer enthaltenen Reihe ist

$$S = \frac{c^{n-1} \cdot c - 1}{c - 1} = \frac{c^n - 1}{c - 1},$$

somit

$$p_n^b = \gamma_m s c \cdot \frac{c^n - 1}{c - 1} = \gamma_m s (c^n - 1) \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi'}{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi' - 1},$$

oder

$$(3) \quad p_n^b = \gamma_m s \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi'}{\operatorname{tg} \varphi'} (1 - c^n)$$

und

$$p_n^s = \frac{1}{4(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi')} \cdot \gamma_m s \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi'}{\operatorname{tg} \varphi'} (1 - c^n),$$

oder

$$(4) \quad p_n^s = \gamma_m s \cdot \frac{1 - c^n}{4 \operatorname{tg} \varphi'}$$

$$(5) \quad \frac{p_n^b}{p_n^s} = 4(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi').$$

Als Nährungswerte für den Eisenbetonsilo ergeben sich aus den Versuchen (für Weizen)

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= 1,51 \\ \operatorname{tg} \varphi' &= 0,71 \\ c &= 0,53 \end{aligned}$$

und daraus

$$\frac{p_n^b}{p_n^s} = 4(1,51 - 0,71) = 3,20$$

oder

$$\frac{p_n^s}{p_n^b} = \text{rd. } 0,30.$$

Mit Hilfe dieser Zahlenausdrücke sind die Werte in den Rubriken 9 und 10 ausgerechnet worden. Dieses Verfahren zur Berechnung der Silokräfte ist das einzig empfehlenswerte, da es sich direkt auf Versuchsergebnisse stützt. Leider stehen die mustergültigen Pleißnerschen Versuche noch vereinzelt da. Sie haben, abgesehen von ihren direkten Ergebnissen, das große Verdienst, den Weg anzudeuten, der zur Bestimmung der Silokräfte führen soll. Dieser Weg besteht in Aufstellung umfangreicher Versuche zur Bestimmung von $\operatorname{tg} \varphi$ und $\operatorname{tg} \varphi'$ der Formeln 1) und 2) für verschiedene Siloabmessungen und die am häufigsten vorkommenden Füllmaterialien.

c) Berechnung der Seitenwände und Böden.

Es gibt wohl keine Aufgabe der Baustatik, deren Lösung so sehr auf Schätzung angewiesen ist, als gerade diejenige, die uns hier beschäftigt.

Ein Silobau mit seinen sich kreuzenden Quer- und Längswänden und seinen so eigenartigen Böden stellt ein räumliches Tragsystem dar, welches nur ganz roher Weise in einzelne der Berechnung zugängliche Konstruktionsteile aufgelöst werden kann.

Die zwischen den Kreuzungspunkten gespannten Wände sind weder frei drehbar, noch vollkommen eingespannt, man müßte streng genommen die Berechnung als für Träger mit elastisch drehbaren und senkbaren, oder mindestens nur drehbaren Stützen durchführen.

Abgesehen von der praktischen Unbrauchbarkeit einer derart verwickelten Berechnung, ist solche wegen der Schwierigkeit, auf welche man bei Bestimmung des Elastizitätsmaßes der stützenden Wand stößt, undurchführbar. Man ist somit genötigt, vereinfachende ungünstige Annahmen zu machen, indem man entweder von der Kontinuität absieht und die isolierte Zelle als in sich geschlossenen durchlaufenden Träger berechnet, oder auch, indem man von dem elastischen Widerstand der Stützen absieht und die Wand als über den Stützen frei drehbaren kontinuierlichen Träger auffaßt. Daß die kontinuierliche Wirkung überhaupt vorhanden ist, ließ sich auch experimentell durch an ausgeführten Silos vorgenommene Messungen beweisen.

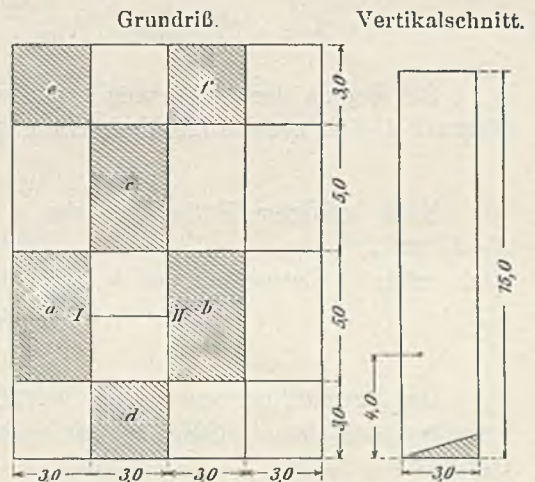


Abb. 22. Belastungsproben von Zellsilos.

So ergaben an dem Getreidesilo in Genua vorgenommene Belastungsproben nach Belastungsschema (Abb. 22) folgende Meßresultate:

1. Versuch.	Nach Füllung der Zelle <i>a</i>	verkürzte sich <i>I—II</i> um	0,7 mm
"	" " " " <i>b</i>	" " " "	1,07 "
"	" " " " <i>c</i>	" " " "	0,44 "
"	" " " " <i>d, e, f</i>	" " " "	0,26 "
			Gesamtverkürzung 2,47 mm.

Beim Öffnen des unteren Auslaufschiebers, womit die Entleerung der Zelle *a* eingeleitet wird, verkürzte sich danach *I—II* noch um 0,35 mm
 maximale Verkürzung von *I—II* 2,82 mm.

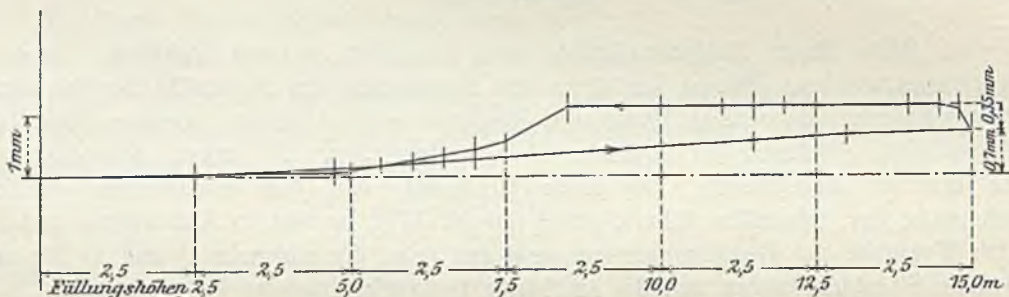


Abb. 23. Diagramm der Durchbiegungen der Längswand bei Füllung und Entleerung der Zelle.

Das Diagramm (Abb. 23) stellt die Verhältnisse bei Füllung und Entleerung der Zelle *a* dar.

2. Versuch.	Nach Füllung von <i>a</i>	verkürzte sich <i>I—II</i> um	1,05 mm
"	" " " " <i>c</i>	" " " "	0,52 "
"	" " " " <i>b</i>	" " " "	1,05 "
"	" " " " <i>d, e, f</i>	" " " "	0,43 "
			Gesamtverkürzung von <i>I—II</i> 3,05 mm.

Bei Beginn der Entleerung von *a* ergab sich ganz entsprechend wie bei Versuch 1 eine nochmalige Verkürzung von *I—II* um 0,40 mm
 maximale Verkürzung von *I—II* 3,45 mm.

Nach erfolgter Entleerung von *a* ergab sich eine Erweiterung von *I—II* um 0,9 mm
 nach erfolgter Entleerung von *b* eine solche von 1,05 mm
 " " " " *c* und *d* eine solche von 0,65 mm
 2,60 mm.

Die Erweiterung von *I—II*, herrührend von der Entleerung der Zellen *c* und *f*, errechnet sich also einschließlich der bleibenden Verkürzung von *I—II* zu 3,05 — 2,60 = 0,45 mm.

Da die Messungen während des Betriebes stattfanden, konnte man keine größere Anzahl einwandfreier Resultate erzielen.

Diese Versuche deuten mit Bestimmtheit auf den Einfluß der Nachbarzellen, d. h. auf das kontinuierliche Verhalten der Wände hin. Bemerkenswert ist auch die beobachtete Druckvermehrung beim Beginn der Entleerung (vergl. Diagramm). Nur so kann die entsprechende Verkürzung von *I—II* um 0,35 mm erklärt werden. Diese

plötzliche Verkürzung beträgt etwa 50 vH. von der nach erfolgter Füllung der Zelle *a* festgestellten Verkürzung; mit anderen Worten: der Seitendruck beim Ausfließen des Getreides steigerte sich um 50 vH. Die Erklärung dieser auffallenden Größe der Steigerung dürfte auch hier in der exzentrischen Lage der Auslaßöffnungen zu suchen sein.

Es möge nun die Berechnung der Zelle als in sich geschlossener kontinuierlicher Träger hier folgen.

Trotz dieser Berechnungsweise werden die Wände als kontinuierliche Träger ausgebildet, bei welchen die Stützenmomente gleich den berechneten Eckmomenten zu setzen sind.

Es sei die rechteckige Zelle *ABCD* mit den Abmessungen *b* und *l* (Abb. 24) angenommen. Wir denken uns einen Zellenstreifen mit einer senkrecht zur Bildebene gemessenen Breite = 1 herausgeschnitten. Der Seitendruck *p* für die Flächeneinheit ist dann als Druck für die Längeneinheit des Stabzuges *ABCD* aufzufassen.



Abb. 24.

Unter der Voraussetzung, daß sämtliche Wände gleiche Stärke haben, daß der Widerstand, den die anschließenden Zellenwände der Formänderung entgegenzusetzen, vernachlässigt wird, und daß die Ecken steif sind, kann der Stabzug *ABCD* mit Hilfe der Clapeyronschen Gleichungen wie folgt berechnet werden.

Die Stützenmomente, hier Eckmomente (M_E), sind wegen vollständiger Symmetrie einander gleich. Die Clapeyronsche Gleichung lautet dann in unserem Fall:

$$M_E b + 2 M_E (b + l) + M_E l = - \frac{1}{4} p (b^3 + l^3),$$

daraus ergibt sich
$$M_E = - \frac{1}{12} p \cdot \frac{b^3 + l^3}{b + l} = - \frac{1}{12} p (b^2 - bl + l^2).$$

In der Mitte der Seite *b* ist das Moment

$$M_b = \frac{1}{8} p b^2 - \frac{1}{12} p (b^2 - bl + l^2) = \frac{1}{24} p b^2 + \frac{1}{12} p bl - \frac{1}{12} p l^2,$$

oder
$$M_b = \frac{1}{24} p (b^2 + 2 bl - 2 l^2).$$

In der Mitte der Seite *l* ist das Moment

$$M_l = \frac{1}{24} p (l^2 + 2 bl - 2 b^2).$$

Für eine Zelle von quadratischem Grundriß, also mit $b = l$, ergeben sich die Formeln

$$M_E = - \frac{1}{12} p l^2$$

$$M_l = + \frac{1}{24} p l^2,$$

genau dieselben Werte wie für einen beiderseits eingespannten, gleichförmig mit *p* für die Längeneinheit belasteten Träger, dessen Spannweite = *l*. Nicht nur für das Quadrat, sondern für jedes regelmäßige Vieleck sind letztere Formeln anwendbar, denn es ist für ein derartiges Vieleck mit der Seitenlänge *l*

$$M_E l + 2 M_E (l + l) + M_E l = - \frac{1}{4} p (l^3 + l^3),$$

woraus
$$M_E = - \frac{1}{12} p l^2; \quad M_l = \left(\frac{1}{8} - \frac{1}{12} \right) p l^2 = \frac{1}{24} p l^2.$$

Anstatt die Clapeyronschen Gleichungen anzuwenden, kann man unmittelbar die Formeln für die Eckmomente ableiten wie folgt:

Das Moment im Querschnitt mit Abszisse x (Abb. 25) der Seite BC ist

$$M_x = M_E + \frac{1}{2} p x (l - x).$$

Aus der Gleichung der elastischen Linie

$$EJ \frac{d^2 y}{dx^2} = M_x = M_E + \frac{1}{2} p x (l - x)$$

erhält man durch einmalige Integration

$$EJ \int_0^l d\left(\frac{dy}{dx}\right) = M_E \int_0^l dx + \frac{1}{2} p \int_0^l x (l - x) dx$$

oder

$$EJ \left(\frac{dy}{dx}\right)_0^l = M_E l + \frac{1}{12} p l^3.$$

Mit Berücksichtigung der Abb. 26, wo die punktierten Geraden die Tangenten an den elastischen Linien in den Eckpunkten darstellen, erhält man dann

$$(1) \quad EJ(\operatorname{tg} \varphi' - \operatorname{tg} \varphi) = M_E l + \frac{1}{12} p l^3.$$

Für AB ergibt sich in ähnlicher Weise

$$EJ(\operatorname{tg} \varphi_1' - \operatorname{tg} \varphi_1) = M_E b + \frac{1}{12} p b^3.$$

Da die Ecken steif sind, d. h. der Winkel, den die Tangenten an den elastischen Linien in den Eckpunkten einschließen, einen konstanten Wert hat — hier $= \frac{\pi}{2}$ —, so ist

$$\begin{aligned} \varphi + \varphi_1 &= \pi; & \operatorname{tg} \varphi_1 &= -\operatorname{tg} \varphi \\ \varphi' + \varphi_1' &= \pi; & \operatorname{tg} \varphi_1' &= -\operatorname{tg} \varphi'. \end{aligned}$$

Diese Werte eingesetzt in die letzte Gleichung ergeben

$$(2) \quad EJ(-\operatorname{tg} \varphi' + \operatorname{tg} \varphi) = M_E b + \frac{1}{12} p b^3.$$

Durch Addition von (1) und (2) erhält man wie oben

$$M_E = -\frac{1}{12} p \cdot \frac{b^3 + l^3}{b + l}.$$

In Abb. 25 sind die Momentenkurven eingetragen. Bei der vorigen Berechnung ist angenommen, daß die betrachtete Zelle voll und die Nachbarzellen leer sind. Dieser Fall ist für die größten positiven Momente der Wände maßgebend. Ist der Längenunterschied der zwei Seiten groß, so kann das Diagramm auch wie in Abb. 27 aussehen.

Wie auch das Resultat ausfallen möge, empfehlen wir, die Momente in absolutem Werte nicht kleiner als diejenigen eines beiderseits eingespannten Trägers anzunehmen, also $+\frac{pl^2}{24}$ bzw. $-\frac{pl^2}{12}$.

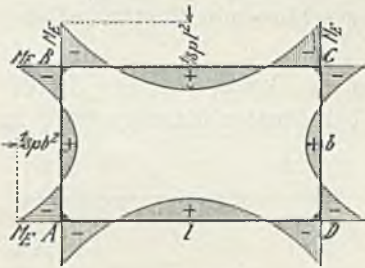


Abb. 25. Momentenkurven in den Wänden einer Silozelle.

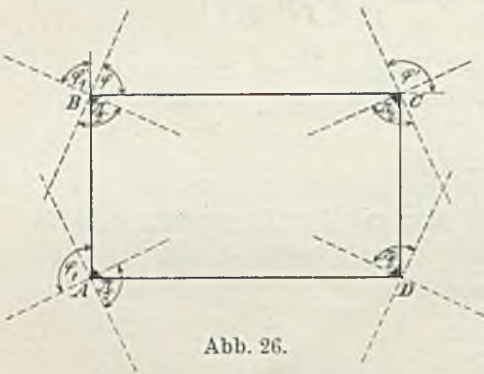


Abb. 26.

Haben die Zellenwände verschiedene Trägheitsmomente, so kann die Berechnung am einfachsten mittels des Satzes vom Minimum der Formänderungsarbeit erfolgen.

Es bezeichnen J_b und J_l die Trägheitsmomente der Wände mit den Längen b bzw. l . Das statisch unbestimmte Moment M_E muß sich dann ergeben aus der Gleichung

$$\frac{\partial A}{\partial M_E} = 0,$$

wo A die Formänderungsarbeit des ganzen Stabzuges bedeutet. Es ist

$$A = 2 \cdot \frac{1}{2} \int \frac{M_x^2 dx}{EJ_b} + 2 \cdot \frac{1}{2} \int \frac{M_z^2 dz}{EJ_l}.$$

x und z sind hierin die auf die Stäbe BC bzw. BA von B aus gemessenen Abstände der Stabelemente dx bzw. dz (Abb. 25). Durch Differentiation erhält man

$$\frac{\partial A}{\partial M_E} = \frac{1}{EJ_b} \int_0^l 2 M_x \frac{\partial M_x}{\partial M_E} dx + \frac{1}{EJ_l} \int_0^b 2 M_z \frac{\partial M_z}{\partial M_E} dz = 0,$$

oder

$$\frac{1}{J_b} \int_0^l M_x \frac{\partial M_x}{\partial M_E} dx + \frac{1}{J_l} \int_0^b M_z \frac{\partial M_z}{\partial M_E} dz = 0.$$

Mit

$$M_x = M_E + \frac{1}{2} px(l-x)$$

und

$$M_z = M_E + \frac{1}{2} pz(b-z)$$

ergibt sich

$$\frac{\partial M_x}{\partial M_E} = 1; \quad \frac{\partial M_z}{\partial M_E} = 1.$$

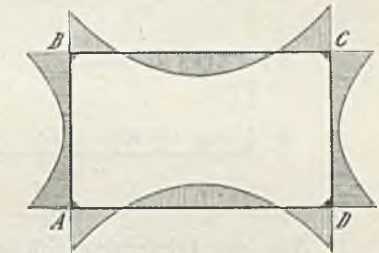


Abb. 27. Momentenkurven in den Wänden einer langgestreckten Silozelle.

Somit

$$\frac{1}{J_b} \int_0^l \left(M_E + \frac{1}{2} plx - \frac{1}{2} px^2 \right) dx + \frac{1}{J_l} \int_0^b \left(M_E + \frac{1}{2} pbz - \frac{1}{2} pz^2 \right) dz = 0,$$

oder

$$\frac{1}{J_b} \left(lM_E + \frac{1}{2} pl \cdot \frac{1}{2} l^2 - \frac{1}{2} p \cdot \frac{1}{3} l^3 \right) + \frac{1}{J_l} \left(bM_E + \frac{1}{2} pb \cdot \frac{1}{2} b^2 - \frac{1}{2} p \cdot \frac{1}{3} b^3 \right) = 0,$$

woraus

$$M_E = -\frac{1}{12} p \cdot \frac{J_l \cdot l^3 + J_b \cdot b^3}{J \cdot l + J_b \cdot b}.$$

Die Zellenwände sind außer den Biegungsbeanspruchungen auch direkten Zugkräften ausgesetzt, wie aus Abb. 28 u. 29 hervorgeht, wo die Wand BC die Zugkräfte

$$Z = pb$$

bzw.

$$Z = \frac{1}{2} pb$$

aufzunehmen hat.

Ein günstiger Umstand dabei ist, daß die größte Zugkraft nicht gleichzeitig mit

dem größten Moment auftritt; so ist in Abb. 29, wo das Moment in der Wand BC wegen einseitiger Belastung am größten ist, die Zugkraft nur halb so groß als diejenige von Abb. 28, wo das Moment wegen beiderseitiger Belastung den Wert Null hat.

Bei kreisrunden Zellen kommen die Biegemomente ganz in Wegfall, und es verbleibt für die Wand nur die Zugkraft

$$Z = pr$$

wo r den Halbmesser des Kreises bezeichnet.

Bei polygonalen Zellen kann man, da die Wände gleichzeitig Momenten und Normalkräften ausgesetzt sind, Stützlinien einzeichnen, die dann als Zuglinien zu gelten haben.

Beispielsweise läßt sich bei einer regelmäßigen achteckigen Zelle mit der Seitenlänge $= a$ die Stützlinie rechnerisch ermitteln wie folgt:

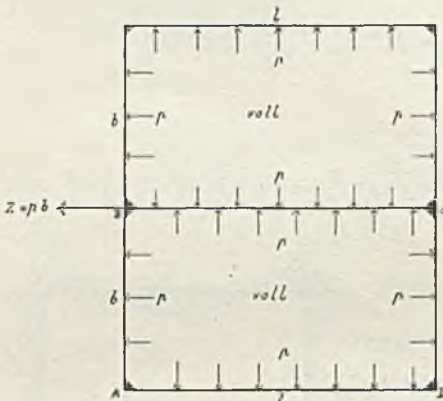


Abb. 28.

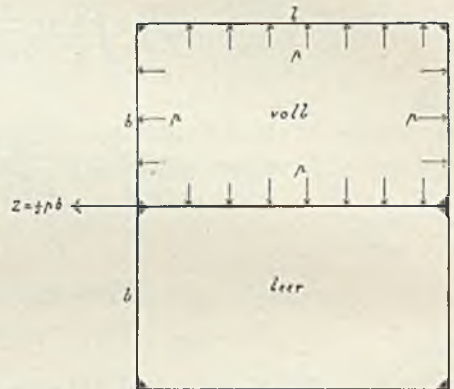


Abb. 29.

Aus der Gleichgewichtsbedingung

$$Z = \frac{a(1 + \sqrt{2})}{2} p$$

sowie der Momentengleichung

$$Z \cdot y = -\frac{1}{12} p a^2 + \frac{p a}{2} x - \frac{1}{2} p x^2,$$

wobei x, y die Koordinaten der Stützlinie in bezug auf ein von der Achteckseite und einer im Endpunkt derselben geführten Senkrechten gebildetes Koordinatensystem bezeichnen, ergibt sich die Gleichung der Stützlinie zu

$$y = \frac{-x^2 + ax - \frac{a^2}{6}}{(1 + \sqrt{2}) a},$$

welche eine Parabel darstellt, die die Abszissenachse in den durch die Gleichung

$$x^2 - ax + \frac{a^2}{6} = 0$$

sich ergebenden Punkten

$$x = 0,2113a \text{ bzw. } 0,7887a$$

schneidet.

Aus der oben angegebenen Berechnungsweise der polygonalen Zellen erhellt ohne weiteres der Vorteil einer größeren Seitenanzahl der Zellen für sonst gleiche Verhältnisse, am günstigsten wäre der Kreis.

Von dieser Betrachtung ausgehend, wäre für einen Zellensilo die in Abb. 30 dargestellte Ausbildung sehr vorteilhaft und den sonst üblichen viereckigen (quadratischen) Zellen vorzuziehen.

Die Zellen sind hierbei teils mit achteckiger und teils mit quadratischer Grundrißform ausgebildet. In beiden Fällen ergeben sich für die Wände unter der Voraussetzung der isolierten Zelle mit gleichen Wandstärken und starren Eckverbindungen und unter Zugrundelegung desselben Seitendruckes dieselben Dimensionen.

In den Abbildungen sind am Umfang noch trapezförmige Zellen mit bogenförmigen Außenseiten zu sehen. Diese Form führt zu geringeren Dimensionen für die Außenwände, kann aber selbstverständlich nur dort angewendet werden, wo gerade Umgrenzungslinien nicht direkt vorgeschrieben sind. Man erhält einen Begriff über die Ersparnisse, die bei dieser Anordnung erzielt werden können, wenn man den Wandflächenaufwand demjenigen bei nur quadratischen Zellen mit derselben Wandstärke gegenüberstellt.

Horizontalschnitt *cc*.

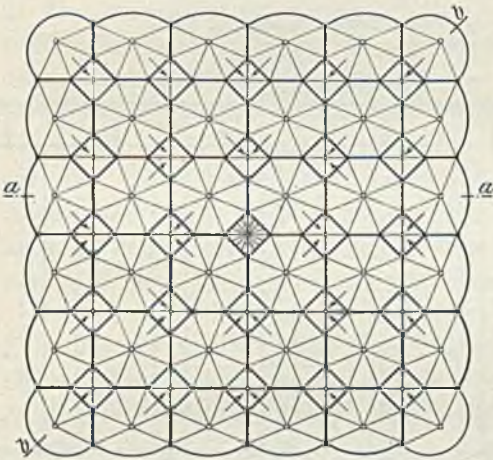


Abb. 30.

Horizontalschnitt *dd*.



Abb. 31.

Wollte man beispielsweise an Stelle der Anordnung nach Abb. 30 nur quadratische Zellen mit denselben Wandstärken anwenden, so würde der Aufwand an Wänden etwa $1\frac{1}{2}$ mal so groß sein. Man wird zwar billiger wegkommen, wenn man die quadratischen Zellen mit weniger und stärkeren Wänden ausbildet, als oben angenommen; der Vorteil liegt aber trotzdem auf seiten der gemischten Zellenformen.

Will man zwischen letzterer und der Ausbildung mit kreisrunden, einander tangierenden Zellen, mit der sie eine gewisse Ähnlichkeit besitzt, einen Vergleich ziehen, so kommt man zum Resultat, daß die polygonalen Zellen zum allergrößten Teil die Vorteile der runden haben (Ersparnis an Material usw.), ohne deren Nachteile (kostspielige Schalung, verzwickte Zwischenzellen usw.) aufzuweisen.

Die Böden werden entweder trichterförmig oder als horizontale, mit den Zellwänden verspannte Platten ausgebildet. In ersterem Falle kann die Berechnung wie für eine hängende Pyramide erfolgen, ähnlich wie die Berechnung des kegelförmigen Bodens auf S. 17. Man erhält auch hier sinngemäß Meridian- und Ringkräfte, wovon letztere als Zugkräfte — wie bei den Zellen — auftreten. Am besten führt man die Berechnung graphisch durch. Die im höchsten Punkt ermittelten Meridiankräfte dienen auch zur Bestimmung der Eiseneinlage, welche zur Aufhängung der Trichter dient. Diese Eiseneinlage muß dem Zug gewachsen sein und außerdem tief genug in die

Zellenwände bzw. in die unteren Abschlußträger derselben hineinragen, damit die zulässige Haftspannung nicht überschritten wird.

Als „Abschlußträger“ wird in den meisten Fällen ein Teil der Wand selbst (auf etwa 2 bis 3 m Höhe) betrachtet. Dieser Träger wird dann in vertikaler Richtung auf Biegung beansprucht und dementsprechend dimensioniert.

Die einzelnen Streifen können im übrigen als Zellen — kontinuierlicher Träger — auf Biegung berechnet werden. In der Praxis wird jedoch nur in den seltensten Fällen die Notwendigkeit bestehen, diese eingehende Berechnung durchzuführen. Man begnügt sich vielmehr, eine angenäherte Berechnung aufzustellen, indem man die einzelnen durch Horizontalschnitte begrenzten Streifen auf Biegung mit $\frac{pl^2}{18}$ berechnet, worin p die Normalkomponente des Bodendruckes und l die Spannweite des Streifens bezeichnet.

Die Bewehrung wird stets kreuzweise eingelegt. Die horizontale Einlage wird

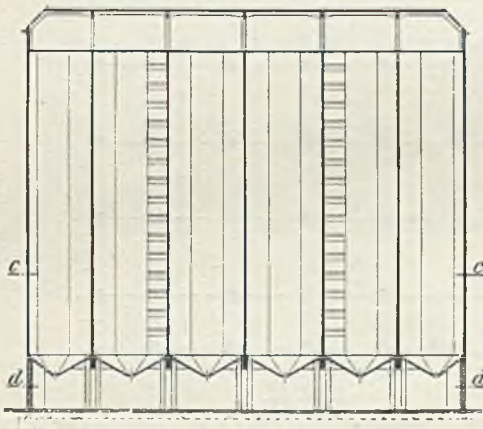
Querschnitt *aa*.

Abb. 32.

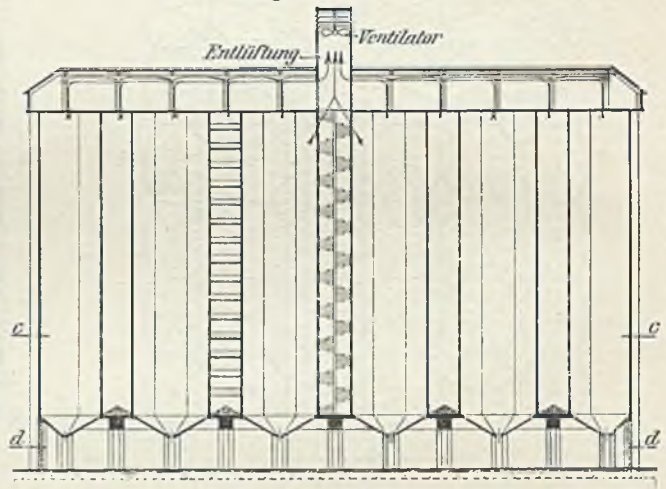
Diagonalschnitt *bb*.

Abb. 33.

am zweckmäßigsten in der auf der Bodenplatte normalen Ebene abgebogen und greift in die Nebenfelder ein, etwa wie die abgebogenen Eisen von kontinuierlichen Deckenplatten.

Sind die Böden horizontal (wie beim Getreidesilo Genua z. B.), so berechnet man sie wie eine gewöhnliche Decke, wobei die von der Füllung herrührende Belastung als wandernde Nutzlast anzusehen ist.

Ähnlich wie bei Zellen ist auch bei Trichtern die Achteckform sehr wertvoll, da sie sich dann der idealen Kegelform nähern, auch wird der Trichter bei derselben Kantenneigung wie bei der quadratischen Form, also bei denselben Abflußverhältnissen im Falle der achtseitigen Pyramide niedriger, was nicht nur eine direkte Materialersparnis, sondern auch den Vorteil bietet, für denselben Höhenunterschied zwischen Zellenoberkante und Abflußöffnung einen größeren Rauminhalt zu ergeben.

Der achteckige Trichter kann auch einer quadratischen Zelle ohne Beeinträchtigung der erwähnten Vorteile angepaßt werden.

Auch bei sogenannten Trichterböden, welche bei Bodenspeichern in Betracht kommen können (vergl Silospeicher Danzig, S. 129), ist die achteckige Grundrißform der quadratischen vorzuziehen.

Die Abb. 30 bis 34 stellen schematisch in Grundriß, Schnitten und Einzelheiten einen Zellensilobau dar, wobei die obigen Gesichtspunkte in Anwendung kamen, und der in gewissem Sinne als klassisches Beispiel der neuen Formgebung hingestellt werden möge.

Es kommen hierbei drei Zellenformen zur Verwendung, und zwar solche mit achteckigem, trapezförmigem und quadratischem Grundriß. Nur die achteckigen und trapezförmigen Zellen sind mit ebensolchen Trichtern versehen, während die quadratischen Zellen ohne untere Ausläufe verbleiben.

Dagegen bestehen ihre Wände z. T. aus einzelnen horizontalen Steifen, zwischen welchen Öffnungen verbleiben, die den Übergang des Füllmaterials von den achteckigen in die benachbarten quadratischen Zellen ermöglichen, um dann von dort durch unten vorgesehene Durchbrüche in die großen Trichter, von wo

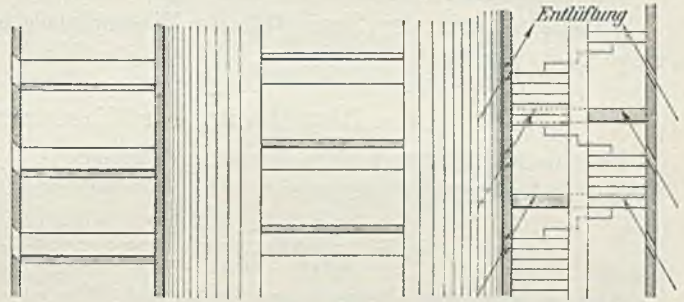


Abb. 34.

aus der Abfluß zu erfolgen hat, zu gelangen. Wird also die untere Abzapföffnung irgend einer Zelle geöffnet, so entsteht in dem Material nicht nur dieser Zelle, sondern auch in den benachbarten und weiter entfernt liegenden Zellen eine Bewegung, die eine wirksame Durchmischung desselben zur Folge hat.

Andererseits ist eine, etwa die im Mittelpunkt der Anlage liegende, quadratische Zelle als Treppenhaus bis zum oberen Boden über die Zellen reichend eingerichtet. Dieses Treppenhaus soll gleichzeitig eine Durchlüftung des Siloinhalts ermöglichen. Zu diesem Zweck sind dessen Wände ebenfalls mit Öffnungen versehen, die jedoch so ausgebildet sind, daß ein Hineinfließen des Materials der Nachbarzellen ausgeschlossen ist.

Die Luftzirkulation kann durch an geeigneten Stellen am Umfange angebrachte Rohre, die mit der Außenluft in Verbindung stehen, oder durch andere Mittel bewirkt werden.

Bei großräumigen Silos wird man nicht selten in die Lage versetzt, die Wände als auf drei Seiten gehaltene Platten berechnen zu müssen. Dies geschieht namentlich dann, wenn die zwei Dimensionen nicht in dem Maße voneinander abweichen, um die vereinfachenden Annahmen beiderseits aufgelagerter oder an einem Ende eingespannter Träger machen zu dürfen.

Für solche Fälle mögen folgende Entwicklungen dienen.

Es sei in Abb. 35 eine auf einer Seite eingespannte, auf zwei gegenüberliegenden Seiten frei aufgelagerte, teilweise oder ganz eingespannte rechteckige Platte dargestellt.

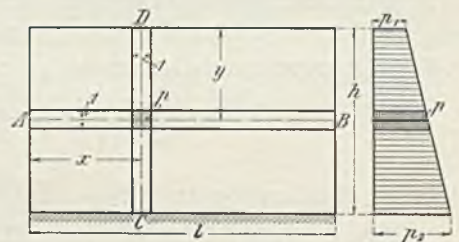


Abb. 35.

Die Rechnung wird unter folgenden Voraussetzungen durchgeführt:

Der Zusammenhang der einzelnen, den Rechteckseiten parallelen Streifen AB und CD bleibt unberücksichtigt.

Die Belastungsfläche ist ein Trapez mit den Abmessungen h , p_1 und p_2 . Die Gesamtlast p für die Flächeneinheit teile sich in p_l , das auf AB entfalle, und p_h , das auf CD wirkt. Zur Bestimmung der Einsenkung der beiden Balken wird vorausgesetzt, p_l wirke gleichmäßig auf die ganze Balkenlänge AB , und die Belastungsfläche von CD sei ein Trapez mit p_1' in D und p_2' in C ; wobei p_1' und p_2' bestimmt sind durch

$$\frac{p_h}{p} = \frac{p_1'}{p_1} = \frac{p_2'}{p_2}.$$

Die Trägheitsmomente J_{AB} und J_{CD} werden gleich und konstant angenommen. Zunächst werde der Sonderfall für Wasserdruck untersucht, also $p_1 = 0$, $p_2 = h$, $p_h = y$ (z. B. t/m^2).

Berechnung für Wasserdruck.

Durchbiegung von AB im Punkte P (x , y).

Bei freier Auflagerung wird

$$f_{xy} = \frac{p_l}{2 EJ} \left(\frac{x^4}{12} - \frac{lx^3}{6} + \frac{l^3 x}{12} \right) = \frac{p_l \cdot x}{24 EJ} \cdot A_1.$$

Bei vollständiger Einspannung in A und B wird

$$f_{xy} = \frac{p_l}{2 EJ} \left(\frac{x^4}{12} - \frac{lx^3}{6} + \frac{l^3 x}{12} \cdot \frac{x}{l} \right) = \frac{p_l \cdot x}{24 EJ} \cdot A_2.$$

Für halbe Einspannung kann gesetzt werden:

$$f_{xy} = \frac{p_l}{2 EJ} \left(\frac{x^4}{12} - \frac{lx^3}{6} + \frac{l^3 x}{12} \cdot \frac{l+x}{2l} \right) = \frac{p_l \cdot x}{24 EJ} \cdot A_3.$$

wobei

$$A_1 = x^3 - 2lx^2 + l^3$$

$$A_2 = x^3 - 2lx^2 + l^2 x$$

$$A_3 = x^3 - 2lx^2 + l^2 \cdot \frac{l+x}{2}.$$

Die Ausdrücke A_1 , A_2 , A_3 werden im folgenden stets als Ganzes mitgeführt und allgemein mit A bezeichnet. Das Endergebnis gilt also für alle drei Fälle, indem für A der betreffende Wert eingesetzt wird.

Durchbiegung von CD im Punkte P .

Man findet

$$f_{xy} = \frac{p_h}{EJ} \left(\frac{h^5}{30y} - \frac{h^4}{24} + \frac{y^4}{120} \right).$$

Die Bedingungsgleichungen für p_h und p_l ergeben sich daraus, daß die f_{xy} der beiden Träger gleich sein müssen und daß die Summe ihrer Belastungen im Punkte P gleich der gegebenen Gesamtlast y ist

$$\frac{p_l \cdot x}{24 EJ} A = \frac{p_h}{EJ} \left(\frac{h^5}{30y} - \frac{h^4}{24} + \frac{y^4}{120} \right)$$

$$p_l + p_h = y$$

(z. B. in t/m^2 und y in m).

Aus den zwei Gleichungen erhält man, indem noch

$$\frac{4}{5} \frac{h^5}{y} - h^4 + \frac{y^4}{5} = B$$

gesetzt wird,

$$p_h = \frac{Axy}{Ax+B} \quad p_l = \frac{By}{Ax+B}.$$

Handelt es sich anstatt Wasserdruck um den Seitendruck einer Schüttmasse auf

eine Silowand und bezeichnet man mit λy die Ordinate des Belastungsdreiecks in der Tiefe y [bekanntlich ist $\lambda = \gamma \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$], so ergeben sich die gesuchten Werte von p_h und p_l zu:

$$p_h = \frac{\lambda \cdot A x y}{A x + B} \quad p_l = \frac{\lambda \cdot B y}{A x + B}$$

Beispiel. Quadratische Platte unter Wasserdruck $l = h = 1$. p_l und p_h sollen für eine größere Anzahl Punkte bestimmt werden. Angenommen ist halbe Einspannung auf den Seiten A und B .

Das folgende tabellarische Schema kann stets für Wasserdruck auf rechteckige vertikale Flächen angewandt und leicht auch dem Falle einer beliebigen Schüttmasse anstatt Wasser angepaßt werden.

$$h = l = 1$$

x	y	x^2	x^3	$-2lx^2$	$\frac{l+x}{2}$	$p = \frac{l+x}{2}$	$A = \frac{l+x}{2}$ $x^3 - 2lx^2 + p \cdot \frac{l+x}{2}$	$\frac{4}{5} \cdot \frac{h^5}{y}$	$\frac{y^4}{5}$	$B = \frac{4}{5} \cdot \frac{h^5}{y} + \frac{y^4}{5}$	Axy	$Ax + B$	By	$\frac{p_h = \frac{\lambda \cdot A x y}{A x + B}}$	$\frac{p_l = \frac{\lambda \cdot B y}{A x + B}}$	Summe $p_h + p_l = p = y$
0	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0	0,2	0	0	0	0,5	0,5	0,5	4	0,0003	3,0003	0	3,0003	0,6	0	0,2	0,2
0	0,4	0	0	0	0,5	0,5	0,5	2	0,0051	1,0051	0	1,0051	0,4	0	0,4	0,4
0	0,6	0	0	0	0,5	0,5	0,5	1,33	0,026	0,356	0	0,356	0,213	0	0,6	0,6
0	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0,8	0,8
0	1,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	1,0	1,0
0,2	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0,0
0,2	0,2	0,04	0,008	-0,08	0,6	0,6	0,528	4	0,0003	3,0003	0,021	3,106	0,6	0,007	0,193	0,2
0,2	0,4	"	"	"	"	"	"	2	0,0051	1,0051	0,042	1,111	0,402	0,038	0,362	0,4
0,2	0,6	"	"	"	"	"	"	1,33	0,026	0,356	0,063	0,461	0,213	0,136	0,464	0,6
0,2	0,8	"	"	"	"	"	"	1,00	0,082	0,082	0,084	0,187	0,065	0,450	0,350	0,8
0,2	1,0	"	"	"	"	"	"	0,80	0,200	0	0,1056	0,1056	0	1,00	0	1,0
0,5	0,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0	0,0
0,5	0,2	0,25	0,125	-0,5	0,75	0,75	0,375	4	0,0003	3,0003	0,0375	3,187	0,6	0,0117	0,1883	0,20
0,5	0,4	"	"	"	"	"	"	2	0,0051	1,0051	0,0750	1,192	0,4	0,064	0,336	0,40
0,5	0,6	"	"	"	"	"	"	1,33	0,026	0,356	0,1125	0,543	0,214	0,207	0,393	0,60
0,5	0,8	"	"	"	"	"	"	1	0,082	0,082	0,150	0,269	0,0656	0,557	0,243	0,80
0,5	1,0	"	"	"	"	"	"	0,8	0,200	0	0,1875	0,1875	0	1,00	0	1,00

Zur besseren Übersicht sowohl als auch um einige für die Praxis brauchbare Schlußfolgerungen ziehen zu können, sollen die Ergebnisse dieses Beispiels graphisch dargestellt werden (Abb. 36).

Belastungsfläche der Träger CD .

Die Belastungen p_h werden für $x=0$, $x=0,1$ (in der Tabelle nicht enthalten), $x=0,2$ und $x=0,5$ (Mitte) aufgetragen.

Belastungsfläche der Träger AB .

Jeder Tiefe y entspricht eine Belastungsfläche.

Trägt man die Belastungen p_l auf die Richtung AB , wie sie in Trägermitte wirken, auf, so erhält man eine parabelartige Kurve.

Mit Hilfe der so gefundenen Belastungsflächen und in Berücksichtigung der Art der Auflagerung von AB können nun die Momente in beiden Trägersystemen auf übliche Weise gefunden werden. Einige durchgerechnete Beispiele zeigen folgende allgemeine, meist auch zu erwartende Ergebnisse: Wenn l viel größer ist als h (z. B. $\frac{h}{l} = \frac{1}{4}$), so entfällt der weitaus größte Teil von p auf den einseitig eingespannten Träger CD , also auf p_h . Ist umgekehrt l viel kleiner als h , so wird p_l viel größer als p_h .

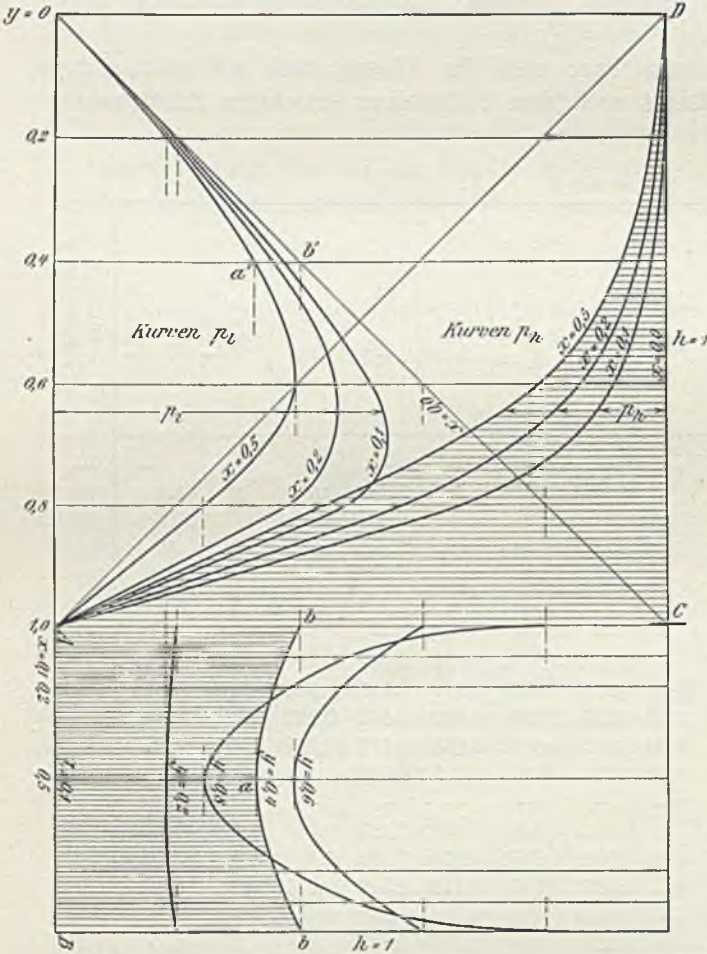


Abb. 36.

stellt dann die Belastungsfläche des Trägers AB dar.

Die Belastungsfläche eines vertikalen Streifens CD ist durch die zwischen der entsprechenden x -Kurve und dem entsprechenden Koordinatensystem enthaltene — auf der Zeichnung schraffierte — Fläche gegeben.

Die gleichen Figuren können durch Änderung des Ablesungsmaßstabes für jede quadratische Platte benutzt werden.

Ähnliche graphische Tabellen lassen sich auch für verschiedene Verhältnisse $\frac{h}{l}$ aufstellen, was hier jedoch — der Kürze halber — unterlassen wird.

Es seien nur die Werte p_h, p_l für die 2 Fälle:

Die Annahme teilweiser oder voller Einspannung in A und B ergibt im allgemeinen eine wesentlich gleichmäßigere Verteilung von p auf p_h und p_l .

Bei freier Auflagerung von A und B wird p_h relativ groß und p_l klein; bei Einspannung umgekehrt.

Gegen den freien oberen Rand D wird p_l relativ groß, in der Nähe der Einspannung C überwiegt p_h .

Alle Werte ändern sich mit der Änderung von $\frac{h}{l}$ ziemlich rasch.

In Abb. 36 sind links für $x=0,1, 0,2, 0,5$ die Kurven p_l und rechts für dieselben x -Werte die Kurven p_h gezeichnet.

Will man also die Belastungsfläche eines horizontalen Streifens AB , in der Tiefe $y=0,4$ z. B. ermitteln, so wird die Kurve bab , die sich durch die Projektion der Schnittpunkte der p_l -Kurven mit der Horizontale $y=0,4$ ergibt, gezeichnet. Die schraffierte Fläche $AbabB$

$$\frac{h}{l} = \frac{1}{2} \text{ und } \frac{h}{l} = 2$$

wiedergegeben, da dieselben gemeinschaftlich mit dem schon behandelten Fall $\frac{h}{l} = 1$ mit Hilfe von Interpolationen Anhaltspunkte für den Fall eines beliebigen $\frac{h}{l}$ geben können

$\frac{h}{l} = \frac{1}{2}$				$\frac{h}{l} = 2$			
x	y	p_h	p_l	x	y	p_h	p_l
0	0,0	0	—	0	0,0	0	—
"	0,2	"	0,2	"	0,4	"	0,4
"	0,4	"	0,4	"	0,8	"	0,8
"	0,6	"	0,6	"	1,2	"	1,2
"	0,8	"	0,8	"	1,6	"	1,6
"	1,0	"	1,0	"	2,0	"	2,0
0,2	0,0	—	—	0,2	0,0	0,0	0,0
"	0,2	0,0441	0,1559	"	0,4	0,0008	0,3992
"	0,4	0,1833	0,2157	"	0,8	0,0052	0,7948
"	0,6	0,4228	0,176	"	1,2	0,0216	1,1784
"	0,8	0,7295	0,09	"	1,6	0,1193	1,4807
"	1,0	1,000	0,0	"	2,0	2,0	0,0
0,5	0,0	—	—	0,5	0,0	—	—
"	0,2	0,0815	0,1185	"	0,4	0,0015	0,3985
"	0,4	0,269	0,1304	"	0,8	0,0092	0,7908
"	0,6	0,5117	0,0881	"	1,2	0,0379	1,1621
"	0,8	0,769	0,0366	"	1,6	0,2003	1,3997
"	1,0	1,000	0,000	"	2,0	2,0	0,0

Dimensionierung einreihiger Silozellensysteme.

Will man an Stelle der vereinfachten Methode der isolierten Zelle die Berechnung für die zusammenhängenden Zellen als Ganzes durchführen, so kompliziert sich mitunter die Aufgabe wegen der vielfachen statischen Unbestimmtheit ungemein, wenn ihre Lösung grundsätzlich noch immerhin als möglich erscheinen mag.

Als Beispiel einer derartigen genaueren Berechnungsart mögen die nachfolgenden Entwicklungen dienen, deren Zweck darin besteht, für die Dimensionierung einreihiger Siloanlagen Tabellen der auftretenden Größtmomente aufzustellen.¹⁾

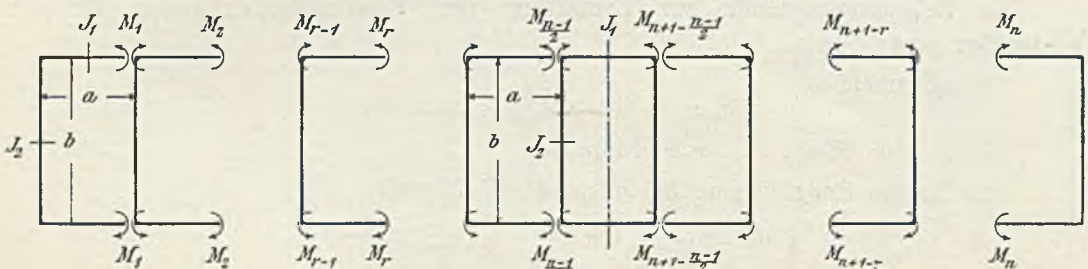


Abb. 37a.

¹⁾ Das nachstehend Gebrachte ist uns von Herrn Dr. Arnstein, Oberingenieur der Firma Züblin u. Cie., zur Verfügung gestellt worden.

Die über den Gegenstand veröffentlichten Arbeiten¹⁾ wählen alle $2n$ unbekanntenen Größen als überzählige Werte, führen also bei einer n -zelligigen Anordnung zu $2n$ voneinander abhängigen Gleichungen.

In der folgenden Berechnungsweise wird der Grad der statischen Unbestimmtheit dadurch reduziert, daß als Hauptsystem Stabzüge aufgefaßt werden, die aus je 3 bzw. 4 Elementen bestehen und als kontinuierliche Balken anzusehen sind (Abb. 37a, b).

Als Überzählige betrachtet man die nach der Mitte zu gelegenen feldbegrenzenden Stützenmomente der Längswände.

Die Zahl der Unbekannten beträgt dann bei einer n -zelligigen Anordnung $(n - 1)$, wenn n eine ungerade Zahl ist (Abb. 37a), bzw. n , wenn n eine gerade Zahl ist (Abb. 37b).

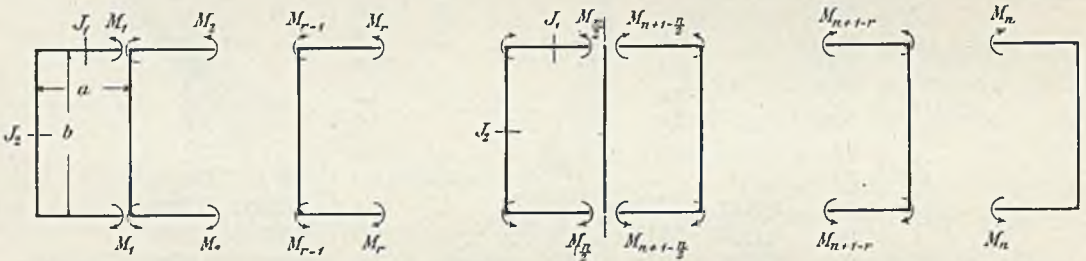


Abb. 37b.

Die Anzahl der miteinander zusammenhängenden Gleichungen reduziert sich auf die Hälfte, wenn man die nachstehenden neuen Unbekannten einführt:

$$\begin{aligned} X_1' &= M_1 + M_n & X_1'' &= M_1 - M_n \\ \dots & & \dots & \\ X_r' &= M_r + M_{n+1-r} & X_r'' &= M_r - M_{n+1-r} \\ \dots & & \dots & \end{aligned}$$

Die letzten unbekanntenen Größen lauten bei ungerader Zellenzahl

$$X_{\frac{n-1}{2}}' = M_{\frac{n-1}{2}} + M_{n+1-\frac{n-1}{2}} \quad X_{\frac{n-1}{2}}'' = M_{\frac{n-1}{2}} - M_{n+1-\frac{n-1}{2}}$$

und bei gerader Zellenzahl

$$X_{\frac{n}{2}}' = M_{\frac{n}{2}} + M_{n+1-\frac{n}{2}} \quad X_{\frac{n}{2}}'' = M_{\frac{n}{2}} - M_{n+1-\frac{n}{2}}$$

Zur Bestimmung der Elastizitätsgleichungen soll der Maxwellsche Satz und das Prinzip virtueller Arbeiten verwendet werden.

Die Belastungszustände zur Ermittlung der Elastizitätsgleichungen für die X_r' -Größen sind:

1. allgemein

$$(M_r = -1 + M_{n+1-r} = -1)$$

s. Abb. 38a u_r' -Ordinaten;

2. für die Endgleichung bei ungerader Felderzahl

$$\left(M_{\frac{n-1}{2}} = -1 + M_{n+1-\frac{n-1}{2}} = -1 \right)$$

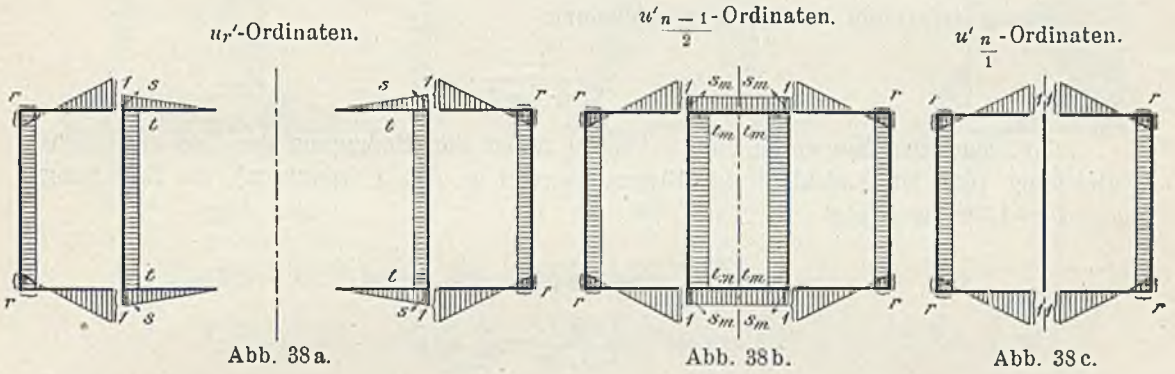
s. Abb. 38b $u_{\frac{n-1}{2}}'$ -Ordinaten;

¹⁾ Dr. Reich: Beton u. Eisen 1903. — Dr. Markus: Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen 1911

3. für die Endgleichung bei gerader Zellenzahl

$$\left(M_{\frac{n}{2}} = -1 + M_{n+1-\frac{n}{2}} = -1 \right)$$

s. Abb. 38c $u'_{\frac{n}{2}}$ -Ordinaten.

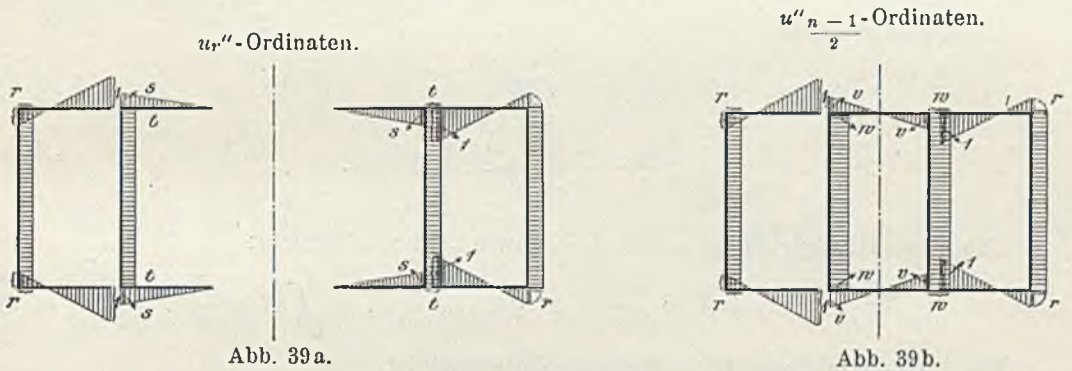


Die Lastzustände, die zu den Bestimmungsgleichungen für die X_r'' -Größen führen, sind:

1. allgemein

$$(M_r = -1 - M_{n+1-r} = -1)$$

s. Abb. 39a u_r'' -Ordinaten;



2. für die Endgleichung bei ungerader Zellenzahl

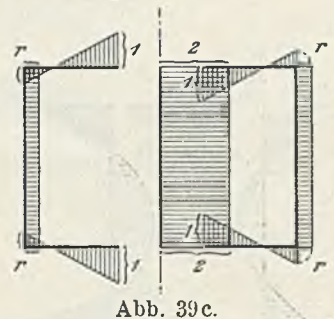
$$\left(M_{\frac{n-1}{2}} = -1 - M_{n+1-\frac{n-1}{2}} = -1 \right)$$

s. Abb. 39b $u''_{\frac{n-1}{2}}$ -Ordinaten;

3. für die Endgleichung bei gerader Zellenzahl

$$\left(M_{\frac{n}{2}} = -1 - M_{n+1-\frac{n}{2}} = -1 \right)$$

s. Abb. 39c $u''_{\frac{n}{2}}$ -Ordinaten.



Zur Ermittlung des Momentenverlaufes in den einzelnen Belastungszuständen ist die Kenntnis der Abschnitte r, s, t, s_m, t_m, v und w erforderlich.

Setzt man das Verhältnis einer Querseite zur Längsseite $\alpha = \frac{b}{a}$ und sei β das Verhältnis des innerhalb aller Längs- bzw. Querwände konstanten Trägheitsmomentes $\beta = \frac{J_1}{J_2}$, so findet man die folgenden Werte:

Für r liefert die Dreimomentengleichung

$$r = -\frac{1}{2 + 3\alpha\beta}$$

Zwischen den Momenten s und t besteht außer der Bedingung der Dreimomentengleichung (das ist Gleichheit der Biegungswinkel an den Eckpunkten) die Beziehung $s - t = 1$, woraus folgt

$$t = -\frac{2}{2 + 3\alpha\beta}$$

$$s = +\frac{3\alpha\beta}{2 + 3\alpha\beta} = \frac{3}{2}\alpha\beta t.$$

Das Gleiche gilt für die Werte s_m und t_m , welche lauten

$$t_m = -\frac{1}{1 + \alpha\beta}$$

$$s_m = +\frac{\alpha\beta}{1 + \alpha\beta} = -\alpha\beta t_m.$$

Ebenso ergibt sich

$$w = -\frac{1}{1 + 3\alpha\beta}$$

$$v = +\frac{3\alpha\beta}{1 + 3\alpha\beta} = -3\alpha\beta w.$$

Die Elastizitätsgleichungen der X' -Gruppe lauten allgemein:

$$X'_{r-1} \delta_{r,r-1} + X'_r \delta_{r,r} + X'_{r+1} \delta_{r,r+1} \dots = \int \mathfrak{M} u'_r \frac{ds}{J}$$

Die letzte Gleichung bei ungerader Zellenzahl ist

$$X'_{\frac{n-1}{2}-1} \delta_{\frac{n-1}{2}, \frac{n-1}{2}-1} + X'_{\frac{n-1}{2}} \delta'_{\frac{n-1}{2}, \frac{n-1}{2}} = \int \mathfrak{M} u'_{\frac{n-1}{2}} \frac{ds}{J}$$

und bei gerader Zellenzahl

$$X'_{\frac{n}{2}-1} \delta_{\frac{n}{2}, \frac{n}{2}-1} + X'_{\frac{n}{2}} \delta'_{\frac{n}{2}, \frac{n}{2}} \dots = \int \mathfrak{M} u'_{\frac{n}{2}} \frac{ds}{J}$$

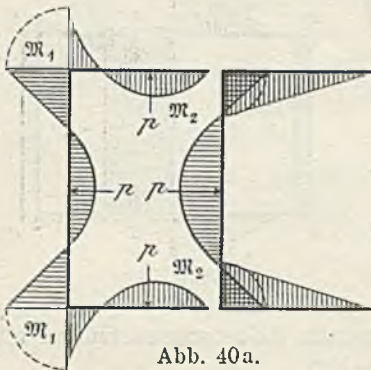


Abb. 40a.

Die Bestimmungsgleichungen der X'' -Gruppe haben die gleiche Form und werden aus den vorstehenden dadurch erhalten, daß man die X' - bzw. u' - bzw. δ' -Größen durch die gleichwertigen X'' - bzw. u'' - bzw. δ'' -Werte ersetzt.

\mathfrak{M} bedeutet das Moment aus dem statisch unbestimmten Hauptfall (siehe Abb. 40a, b, c, d).

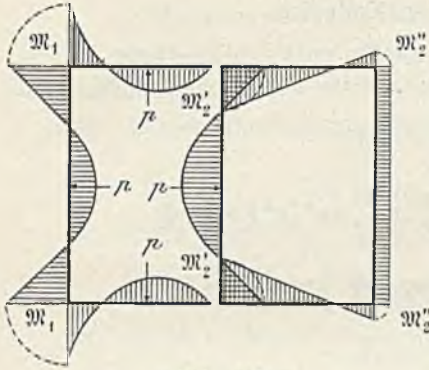


Abb. 40b.

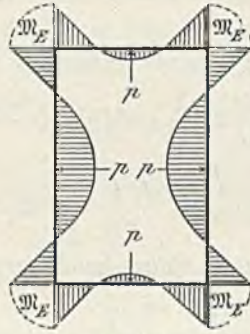


Abb. 40c.

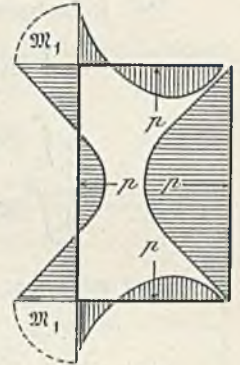


Abb. 40d.

Die Koeffizienten δ haben die nachstehenden Werte:

$$J_1 \delta_{r, r-1} = J_1 \delta_{\frac{n-1}{2}, \frac{n-1}{2}} = J_1 \delta_{\frac{n}{2}, \frac{n}{2}} = \frac{1}{2} J_1 \int u_r' u_{r-1}' \frac{ds}{J} = \frac{1}{3} a s (2r+1) + \alpha \beta a r t$$

$$J_1 \delta_{r, r} = \frac{1}{2} J_1 \int u_r'^2 \frac{ds}{J} = \frac{2}{3} a (1+r+r^2+s^2) + \alpha \beta a (r^2+t^2)$$

$$J_1 \delta_{\frac{n-1}{2}, \frac{n-1}{2}} = \frac{1}{2} J_1 \int u_{\frac{n-1}{2}}'^2 \frac{ds}{J} = \frac{2}{3} a \left(1+r+r^2 + \frac{3}{2} s_m^2 \right) + \alpha \beta a (r^2+t_m^2)$$

$$J_1 \delta_{\frac{n}{2}, \frac{n}{2}} = \frac{1}{2} J_1 \int u_{\frac{n}{2}}'^2 \frac{ds}{J} = \frac{2}{3} a (1+r+r^2) + \alpha \beta a r^2$$

$$J_1 \delta_{\frac{n-1}{2}, \frac{n-1}{2}} = \frac{1}{2} J_1 \int u_{\frac{n-1}{2}}''^2 \frac{ds}{J} = \frac{2}{3} a \left(1+r+r^2 + \frac{1}{2} v^2 \right) + \alpha \beta a (r^2+w^2)$$

$$J_1 \delta_{\frac{n}{2}, \frac{n}{2}} = \frac{1}{2} J_1 \int u_{\frac{n}{2}}''^2 \frac{ds}{J} = \frac{2}{3} a (1+r+r^2) + \alpha \beta a (r^2+2).$$

Bezüglich der absoluten Glieder der Gleichungen (der Werte $\int \mathfrak{M} u \frac{ds}{J}$) läßt sich sagen:

Ist die r^{te} Zelle gefüllt, dann wird

$$J_1 \int \mathfrak{M} u_r' \frac{ds}{J} = J_1 \int \mathfrak{M} u_r'' \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} p a^3 [\alpha^3 \beta (r-t) + r+1]$$

$$J_1 \int \mathfrak{M} u_{r-1}' \frac{ds}{J} = J_1 \int \mathfrak{M} u_{r-1}'' \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} p a^3 [\alpha^3 \beta t + s]$$

$$J_1 \int \mathfrak{M} u_{r+1}' \frac{ds}{J} = J_1 \int \mathfrak{M} u_{r+1}'' \frac{ds}{J} = -\frac{1}{12} p a^3 \alpha^3 \beta r.$$

Alle anderen absoluten Glieder der X' - und X'' -Gruppe werden gleich Null.

Ist bei ungerader Zellenzahl die Mittelzelle gefüllt, so gilt

$$J_1 \int \mathfrak{M} u_{\frac{n-1}{2}}' \frac{ds}{J} = \frac{1}{6} p a^3 [\alpha^3 \beta t_m + s_m]$$

$$J_1 \int \mathfrak{M} u_{\frac{n-1}{2}}'' \frac{ds}{J} = 0,$$

wobei alle anderen absoluten Glieder verschwinden.

Bei Belastung der der Mittelzelle vorhergehenden Zelle ist

$$J_1 \int \mathfrak{M} u'_{\frac{n-1}{2}} \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} p a^3 [\alpha^3 \beta (r - t_m) + r + 1]$$

$$J_1 \int \mathfrak{M} u''_{\frac{n-1}{2}} \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} p a^3 [\alpha^3 \beta (r - w) + r + 1]$$

$$J_1 \int \mathfrak{M} u'_{\frac{n-1}{2}-1} \frac{ds}{J} = J_1 \int \mathfrak{M} u''_{\frac{n-1}{2}-1} \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} p a^3 [\alpha^3 \beta t + s].$$

Bei gerader Zellenzahl findet man bei Füllung der $\frac{n}{2}$ ten Zelle

$$J_1 \int \mathfrak{M} u'_{\frac{n}{2}} \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} p a^3 [\alpha^3 \beta r + r + 1]$$

$$J_1 \int \mathfrak{M} u''_{\frac{n}{2}} \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} p a^3 [\alpha^3 \beta (r - 2) + r + 1]$$

$$J_1 \int \mathfrak{M} u'_{\frac{n}{2}-1} \frac{ds}{J} = J_1 \int \mathfrak{M} u''_{\frac{n}{2}-1} \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} p a^3 [\alpha^3 \beta t + s].$$

Wird in einem dieser Fälle die zur Mittelachse symmetrisch gelegene Zelle gefüllt, also statt der r ten die $(n+1-r)$ te Zelle, so gelten die absoluten Glieder der X' -Gleichungen unverändert, jene der X'' -Gleichungen sind jedoch mit entgegengesetzten Vorzeichen einzuführen.

Mit Hilfe vorstehender Koeffizienten findet man aus den oben gegebenen Gleichungen für alle möglichen Belastungsfälle die Werte der Überzähligen.

Die Momente in irgend einem Punkte folgen dann aus

$$M_r = \mathfrak{M}_r - \frac{1}{2} (X'_{r-1} u'_{r-1} + X''_{r-1} u''_{r-1} + X'_r u'_r + X''_r u''_r + X'_{r+1} u'_{r+1} + X''_{r+1} u''_{r+1})$$

worin \mathfrak{M}_r die Momente aus dem statisch unbestimmten Hauptfall bedeuten.

Abb. 40a stellt den Fall der Füllung der r ten Zelle dar.

Das Eckmoment

$$\mathfrak{M}_1 = -\frac{1}{4} p a^2 \frac{1 + \alpha^3 \beta}{2 + 3 \alpha \beta}$$

$$\mathfrak{M}_2 = -\frac{1}{4} p a^2 \frac{\alpha^3 \beta}{2 + 3 \alpha \beta}.$$

Abb. 40b enthält den Fall der Füllung der Zelle $\frac{n-1}{2}$ bei ungerader Zellenzahl.

$$\mathfrak{M}'_2 = \frac{1}{4} p a^2 \frac{\alpha^3 \beta (2 + 3 \alpha \beta)}{(2 + 3 \alpha \beta)^2 - 1}$$

$$\mathfrak{M}''_2 = -\frac{\mathfrak{M}'_2}{2 + 3 \alpha \beta}.$$

Abb. 40c gibt den Momentenverlauf bei Füllung der Mittelzelle bei ungerader Zellenzahl.

$$\mathfrak{M}_E = -\frac{1}{12} p a^2 \frac{\alpha^3 \beta + 1}{\alpha \beta + 1}.$$

Abb. 40d stellt den Fall der Füllung der Zelle $\frac{n}{2}$ dar bei gerader Zellenzahl.

Damit ist ein allgemeines Berechnungsverfahren gegeben.

Momentenentwicklung für eine dreizellige Anordnung.

In praktischen Fällen dürfte eine über drei Felder ausgedehnte Kontinuität schon aus Ausführungsgründen als ausreichend angesehen werden (Abb. 41).

Die beiden überzähligen Größen sind

$$X_1' = M_1 + M_3 = \frac{J_1 \int \mathfrak{M} u_1' \frac{ds}{J}}{J_1 \delta_{11}'}$$

$$X_1'' = M_1 - M_3 = \frac{J_1 \int \mathfrak{M} u_1'' \frac{ds}{J}}{J_1 \delta_{11}''}$$

Darin ist

$$J_1 \delta_{11}' = J_1 \delta_{\frac{n-1}{2}, \frac{n-1}{2}}$$

und

$$J_1 \delta_{11}'' = J_1 \delta_{\frac{n-1}{2}, \frac{n-1}{2}}$$

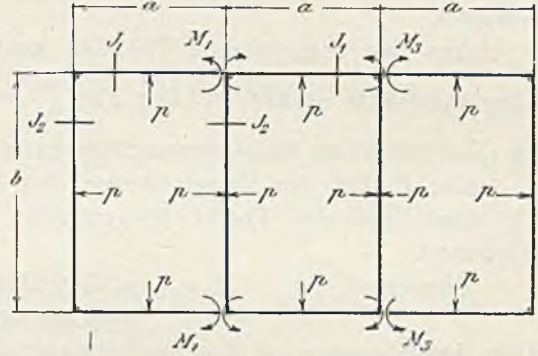


Abb. 41.

Bei den Zählerwerten ist zu unterscheiden:

- Fall a) Füllung der Mittelzelle,
- Fall b) Füllung einer Randzelle.

Im Falle a) ist

$$J_1 \int \mathfrak{M} u_1' \frac{ds}{J} = J_1 \int \mathfrak{M} u'_{\frac{n-1}{2}} \frac{ds}{J}$$

Im Falle b) gilt für

$$J_1 \int \mathfrak{M} u_1' \frac{ds}{J} = J_1 \int \mathfrak{M} u'_{\frac{n-1}{2}} \frac{ds}{J}$$

$$J_1 \int \mathfrak{M} u_1'' \frac{ds}{J} = J_1 \int \mathfrak{M} u''_{\frac{n-1}{2}} \frac{ds}{J}$$

Die Momente in irgend einem Punkte ergeben sich

- im Falle a) aus $M = \mathfrak{M} - \frac{1}{2} X_1' u_1'$
- im Falle b) aus $M = \mathfrak{M} - \frac{1}{2} (X_1' u_1' + X_1'' u_1'')$

Die Rechnungsergebnisse, die Maximalmomente aus den ungünstigsten Kombinationen darstellend, sind in Tabellenform eingeschrieben.

Die Berechnung ist für die Seitenverhältnisse $\alpha = \frac{b}{a} = 1,0; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5$ durchgeführt. Die Momente sind in der gleichen Reihenfolge eingeschrieben, wie sie in der Zellenkombination vorkommen (Abb. 42).

	Zelle 1			Zelle 2			Zelle 3		
	<i>Eckmoment.</i>	<i>Mittelmom.</i>	<i>Stützmon.</i>	<i>Stützmon.</i>	<i>Mittelmom.</i>	<i>Stützmon.</i>	<i>Stützmon.</i>	<i>Mittelmom.</i>	<i>Eckmoment.</i>
<i>Querwand.</i>	<i>Eckmoment.</i>		<i>Stützmon.</i>			<i>Stützmon.</i>			<i>Eckmoment.</i>
	<i>Mittelmom.</i>		<i>Mittelmom.</i>			<i>Mittelmom.</i>			<i>Mittelmom.</i>

Abb. 42.

Alle Koeffizienten beziehen sich auf $p a^2$, also auf die kleinere (Längswand-) Spannweite.

Als positiv werden Biegemomente angesehen, die von den beiden Symmetrieachsen aus eine Durchbiegung nach außen, also Zugspannungen in der äußeren Faser erzeugen.

Aus den beigegebenen Tabellen geht hervor, daß das Maximalmoment in der Längswandmitte immer größer als $\frac{1}{24} p a^2$ wird, daß man aber bei Berücksichtigung der Kontinuität an den Querwandstärken sparen kann.

Der Einfluß der Verschiedenheit der Wandstärken ist nicht zu bedeutend.

Die allgemeine Theorie gilt auch für verschiedene große Drücke auf Längs- und Querwand.

Bezeichnet p_1 den Druck auf die Längswand und p_2 jenen auf die Querwand,

dann braucht man in den Formeln nur die Werte \mathfrak{M}_1 , \mathfrak{M}_2 , \mathfrak{M}_2' , \mathfrak{M}_2'' , \mathfrak{M}_E und alle Ausdrücke

$$\int \mathfrak{M} u \frac{ds}{J}$$

derartig abzuändern, daß an Stelle von $\alpha^3 \beta \dots \alpha^3 \beta \gamma$ tritt, wobei

$$\gamma = \frac{p_2}{p_1}.$$

In den Abb. 40a, b, c, d sollen dementsprechend die Bezeichnungen für die Wanddrücke geändert werden:

auf die Längswand (a) statt $p \dots p_1$

" " Querwand (b) " $p \dots p_2$.

Bei kreuzweise vorgesehener Bewehrung (teilweise Einspannung in den Boden) werden die in wagerechtem Sinne aufzunehmenden Drücke für die Längs- und Querwand verschieden groß, wodurch sich die Verhältnisse für die kürzeren Längswände günstiger gestalten können.

Nachfolgend ein Zahlenbeispiel.

Es handelt sich um drei nebeneinanderliegende Zellen. Das Seitenverhältnis

$$\alpha = \frac{b}{a} = 2,3$$

das Belastungsverhältnis

$$\gamma = \frac{p_2}{p_1} = 0,4.$$

Nach den oben abgeleiteten Formeln ist zu berechnen:

$$r = -0,1123$$

$$t = -0,3030$$

$$s = +0,6969$$

$$v = +0,8734$$

$$w = -0,1265$$

$$\mathfrak{M}_E = -\frac{1}{12} \frac{\alpha^3 \beta \gamma + 1}{\alpha \beta + 1} = -0,1481 p_1 a^2$$

$$\mathfrak{M}_1 = -\frac{1}{4} \frac{\alpha^3 \beta \gamma + 1}{3 \alpha \beta + 2} = -0,1647 p_1 a^2$$

$$\mathfrak{M}_2' = +\frac{1}{4} \frac{\alpha^3 \beta \gamma (3 \alpha \beta + 2)}{(3 \alpha \beta + 2)^2 - 1} = +0,1384 p_1 a^2$$

$$\mathfrak{M}_2'' = -\frac{\mathfrak{M}_2'}{3 \alpha \beta + 2} = -0,0155 p_1 a^2.$$

Die Nennerwerte $\delta_{11}' = 1,3259 a$

$\delta_{11}'' = 0,9200 a$

die Zählerwerte im Fall a)

$$\int \mathfrak{M}u_1' \frac{ds}{J} = \frac{1}{6} [\gamma \alpha^3 t + s] p_1 a^3 = -0,1296 p_1 a^3,$$

im Fall b)

$$\int \mathfrak{M}u_1' \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} [\gamma \alpha^3 (r-t) + r + 1] p_1 a^3 = +0,1513 p_1 a^3$$

$$\int \mathfrak{M}u_1'' \frac{ds}{J} = \frac{1}{12} [\gamma \alpha^3 (r-w) + r + 1] p_1 a^3 = +0,0797 p_1 a^3.$$

Mit Hilfe dieser Zahlen ist es ein leichtes, die folgenden Größtmomente tabellarisch zusammenzustellen:

Momententabelle für einreihige Silozellen.

Tabelle der Maximalmomente.

Alle Koeffizienten beziehen sich auf $p a^3$ (auf die Längsseite = kleinere Spannweite).

$$\alpha = \frac{b}{a} = 1,0; \quad \beta = \frac{J^1}{J^2} = 1$$

—	+ 0,0417	—	—	+ 0,0417	—	—	+ 0,0417	—
— 0,0833	—	— 0,0833	— 0,0833	—	— 0,0833	— 0,0833	—	— 0,0833
—		+ 0,0833			+ 0,0833			—
— 0,0833		— 0,0833			— 0,0833			— 0,0833
+ 0,0417		+ 0,0417			+ 0,0417			+ 0,0417
—		— 0,0417			— 0,0417			—

Größter Längswandachsialzug . = 0,500 $p a$

Größter Querwandachsialzug . = 0,500 $p a$

$$\alpha = \frac{b}{a} = 1,1; \quad \beta = \frac{J^1}{J^2} = 1$$

+ 0,0004	+ 0,0383	+ 0,0081	+ 0,0096	+ 0,0434	+ 0,0096	+ 0,0081	+ 0,0383	+ 0,0004
— 0,0952	— 0,0008	— 0,0884	— 0,0913	—	— 0,0913	— 0,0884	— 0,0008	— 0,0952
+ 0,0004		+ 0,0960			+ 0,0960			+ 0,0004
— 0,0952		— 0,0974			— 0,0974			— 0,0952
+ 0,0579		+ 0,0549			+ 0,0549			+ 0,0579
— 0,0015		— 0,0564			— 0,0564			— 0,0015

Größter Längswandachsialzug . = 0,550 $p a$

Größter Querwandachsialzug . = 0,507 $p a$

$$\alpha = \frac{b}{a} = 1,2; \quad \beta = \frac{J^1}{J^2} = 1$$

+ 0,0008	+ 0,0344	+ 0,0173	+ 0,0207	+ 0,0454	+ 0,0207	+ 0,0173	+ 0,0344	+ 0,0008
— 0,1089	— 0,0018	— 0,0939	— 0,1003	—	— 0,1003	— 0,0939	— 0,0018	— 0,1089
+ 0,0008		+ 0,1102			+ 0,1102			+ 0,0008
— 0,1089		— 0,1134			— 0,1134			— 0,1089
+ 0,0750		+ 0,0688			+ 0,0688			+ 0,0750
— 0,0031		— 0,0720			— 0,0720			— 0,0031

Größter Längswandachsialzug . = 0,600 $p a$

Größter Querwandachsialzug . = 0,516 $p a$

$$\alpha = \frac{b}{a} = 1,3; \quad \beta = \frac{J^1}{J^2} = 1$$

+ 0,0011 - 0,1244	+ 0,0301 - 0,0030	+ 0,0276 - 0,1004	+ 0,0332 - 0,1104	+ 0,0478 -	+ 0,0332 - 0,1104	+ 0,0276 - 0,1004	+ 0,0301 - 0,0030	+ 0,0011 - 0,1244
+ 0,0011 - 0,1244		+ 0,1266 - 0,1311			+ 0,1266 - 0,1311			+ 0,0011 - 0,1244
+ 0,0927 - 0,0047		+ 0,0834 - 0,0880			+ 0,0834 - 0,0880			+ 0,0927 - 0,0047

Größter Längswandachsialzug . = 0,650 pa
Größter Querwandachsialzug . = 0,526 pa

$$\alpha = \frac{b}{a} = 1,4; \quad \beta = \frac{J^1}{J^2} = 1$$

+ 0,0016 - 0,1416	+ 0,0251 - 0,0042	+ 0,0390 - 0,1073	+ 0,0470 - 0,1214	+ 0,0506 -	+ 0,0470 - 0,1214	+ 0,0390 - 0,1073	+ 0,0251 - 0,0042	+ 0,0016 - 0,1416
+ 0,0016 - 0,1416		+ 0,1443 - 0,1505			+ 0,1443 - 0,1505			+ 0,0016 - 0,1416
+ 0,1113 - 0,0063		+ 0,0988 - 0,1050			+ 0,0988 - 0,1050			+ 0,1113 - 0,0063

Größter Längswandachsialzug . = 0,700 pa
Größter Querwandachsialzug . = 0,538 pa

$$\alpha = \frac{b}{a} = 1,5; \quad \beta = \frac{J^1}{J^2} = 1$$

+ 0,0020 - 0,1605	+ 0,0218 - 0,0078	+ 0,0514 - 0,1150	+ 0,0622 - 0,1338	+ 0,0536 -	+ 0,0622 - 0,1338	+ 0,0514 - 0,1150	+ 0,0218 - 0,0078	+ 0,0020 - 0,1605
+ 0,0020 - 0,1605		+ 0,1640 - 0,1719			+ 0,1640 - 0,1719			+ 0,0020 - 0,1605
+ 0,1306 - 0,0079		+ 0,1148 - 0,1227			+ 0,1148 - 0,1227			+ 0,1306 - 0,0079

Größter Längswandachsialzug . = 0,750 pa
Größter Querwandachsialzug . = 0,551 pa

Fall a) Die Mittelzelle allein ist gefüllt.

Alle Koeffizienten beziehen sich auf $p_1 \cdot a^2$ (a = kleinere Spannweite).

- 0,0055	+ 0,0217	+ 0,0489	- 0,1140	+ 0,0110	- 0,1140	+ 0,0489	+ 0,0217	- 0,0055
- 0,0055		- 0,1629			- 0,1629			- 0,0055
- 0,0055		+ 0,1016			+ 0,1016			- 0,0055

Fall b) Die erste Zelle ist gefüllt.

- 0,1535	- 0,0020	- 0,1004	+ 0,0609	+ 0,0217	- 0,0176	- 0,0138	- 0,0062	+ 0,0015
- 0,1535		+ 0,1613			- 0,0038			+ 0,0015
+ 0,1110		- 0,1032			- 0,0038			+ 0,0015

Tabelle der Größtmomente.

+ 0,0015	+ 0,0217	+ 0 0489	+ 0.0609	+ 0,0544	+ 0,0609	+ 0,0489	+ 0.0217	+ 0,0015
- 0,1590	- 0,0082	- 0,1142	- 0,1316	-	- 0.1316	- 0,1142	- 0,0082	- 0,1590
+ 0,0015		+ 0 1613			+ 0,1613			+ 0,0015
- 0,1590		- 0.1667			- 0,1667			- 0.1590
+ 0,1125		+ 0.1016			+ 0,1016			+ 0.1125
- 0,0055		- 0,1070			- 0,1070			- 0,0055

III. Beispiele von Ausführungen.

1. Kohlensilo in Kirn a. d. N.

(Abb. 43 bis 46)

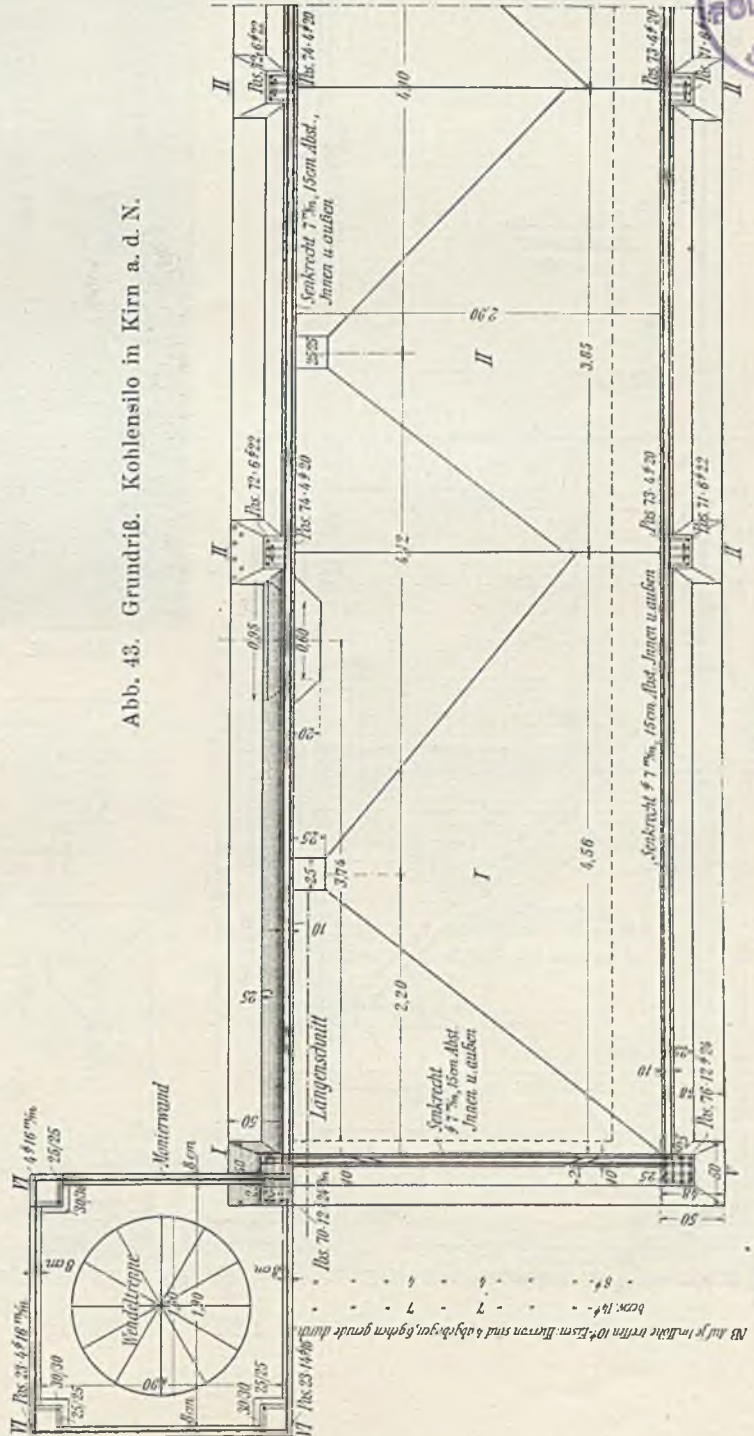
Derselbe kann als Beispiel eines großräumigen Silos dienen. Er besteht aus einer etwa 16 m langen, 2,90 m breiten und 7,50 m hohen Kammer, welche oben abgedeckt und unten mit vier Trichtern versehen ist, durch deren Ausläufe die Kohle den Kesseln zugeführt wird. Die Wände übertragen den Seitendruck der Kohle auf die Säulen und diese ihrerseits auf die Trichter, den Querträger 45/45 und das Dach, mit welchem sie fest verankert sind.

Ausgeführt von der Firma Wayss u. Freytag, A.-G., im Jahre 1904.

2. Feinkohlenbehälter in Völklingen a. d. S.

(Abb. 47 bis 52.)

Der Silo besteht aus drei aneinandergereihten Zellen von 6,67 × 8,50 m im Grundriß und 15,50 m Höhe, die durch Säulen abgestützt sind, welche den Druck auf den Boden mittels einer 1,50 m starken Fundamentplatte übertragen.



NB Auf je Inhabite treffen 10⁴ Esam. Berran sind 8 abgib. zur. g. h. m. grade durch.

Wegen der großen Grundrißabmessungen der Zellen ist der volle Seitendruck mit

$$p = \gamma h \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 1000 h \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{45^\circ}{2} \right) = 172 h \operatorname{kg/m}^2$$

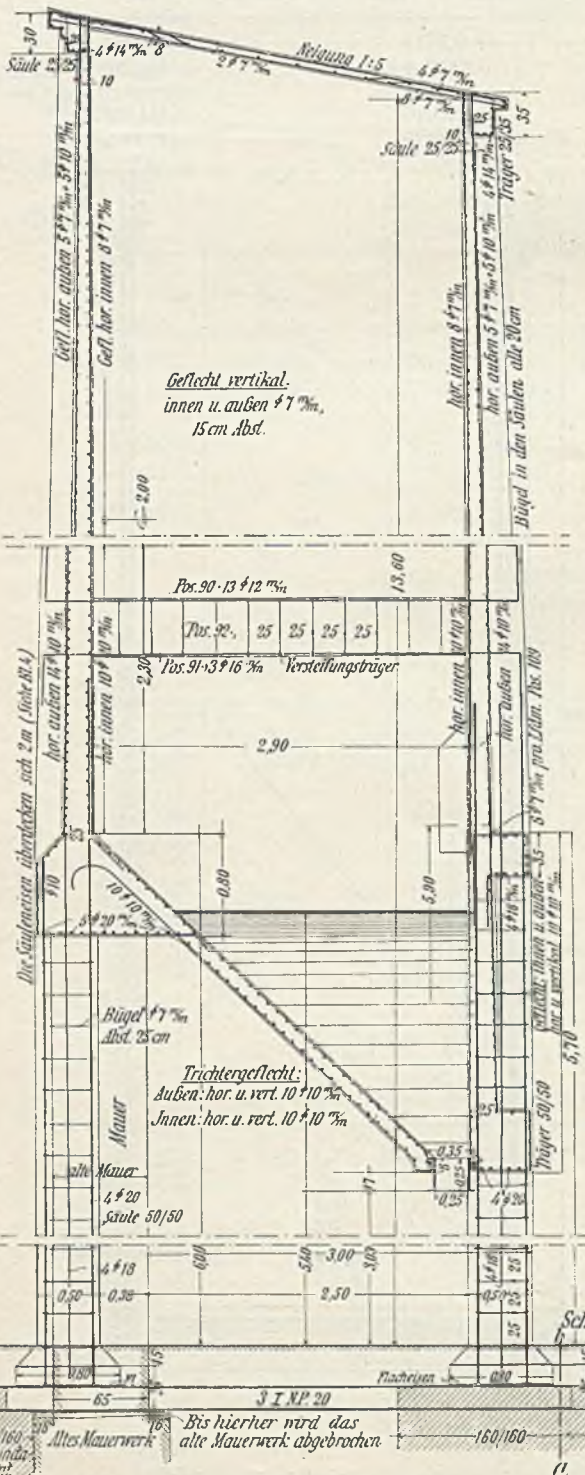


Abb. 44. Kohlsilo in Kirn a. d. N.

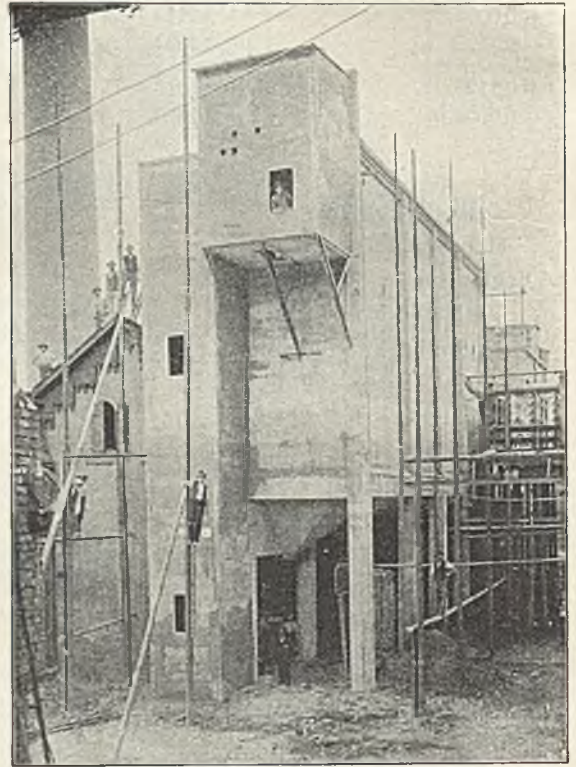
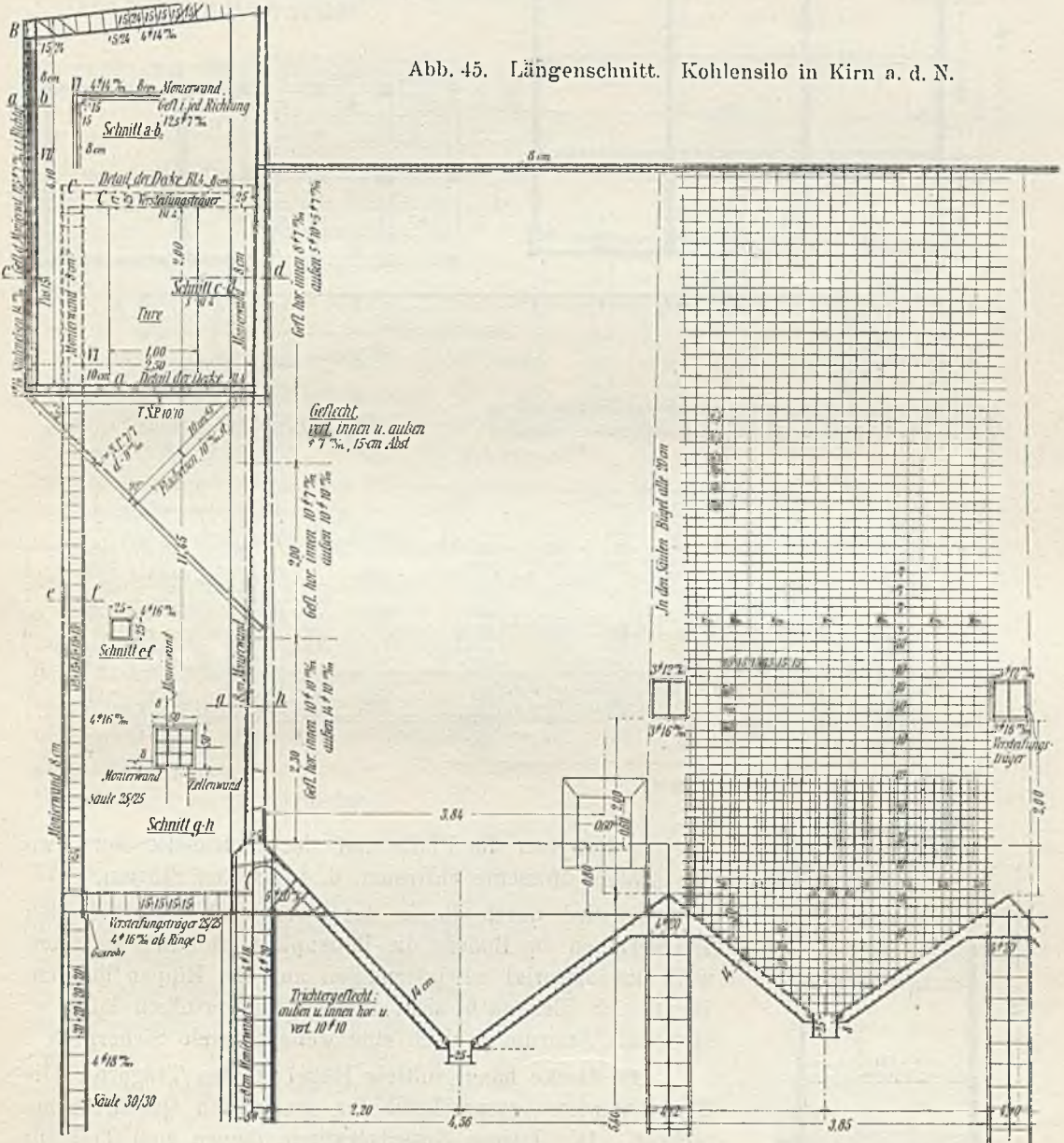


Abb. 46. Kohlsilo in Kirn a. d. N.

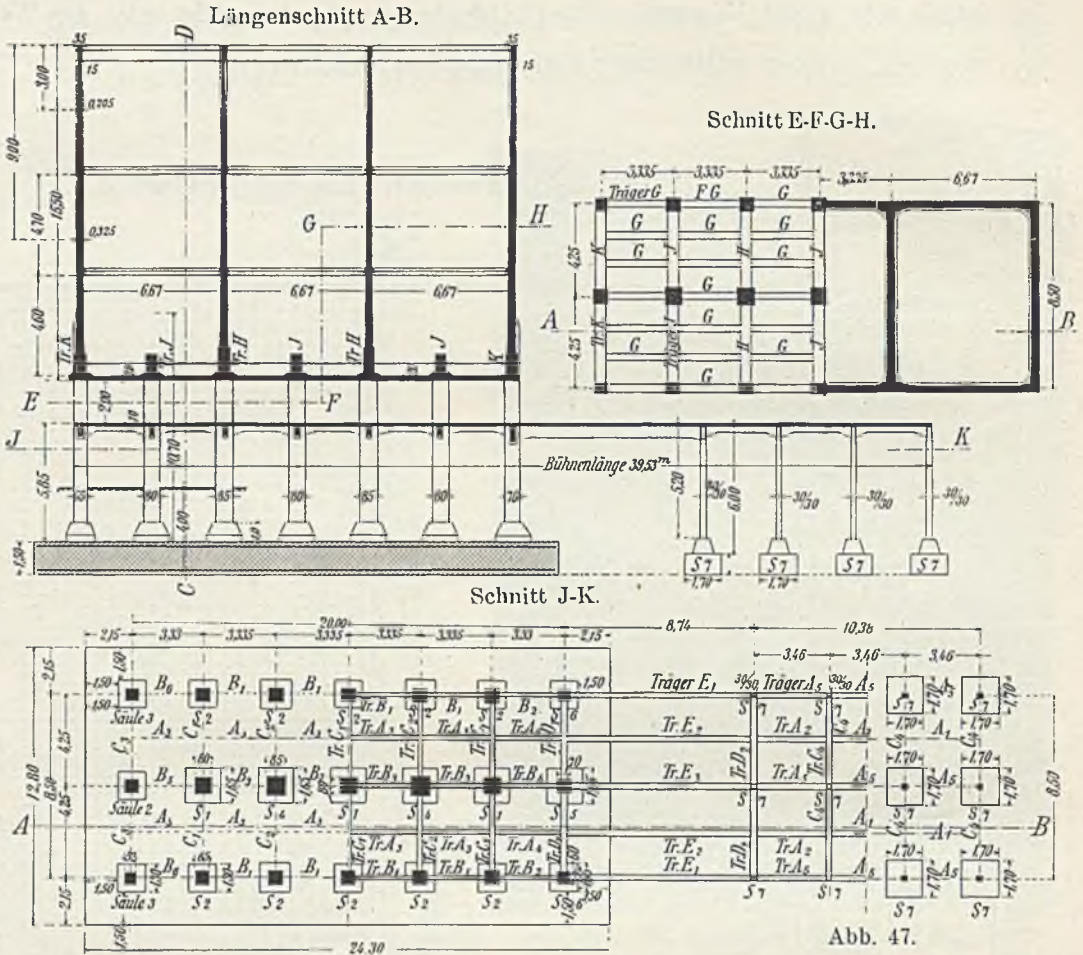
auf die ganze Tiefe der Dimensionierung der Wände zugrunde gelegt. Die Wände sind miteinander verankert und die Ecken mit Vouten versehen derart, daß die Annahme einer starren Verbindung (Winkel auch nach der Formänderung der Wände = 90°) zulässig war. Die Zellen konnten somit als in sich geschlossener kontinuierlicher Träger berechnet werden. Für die kurzen Seiten ergaben

sich danach sehr kleine Momente. Sicherheitshalber wurde aber nicht unter den Wert $\frac{pl^2}{24}$ gegangen, welcher vollständiger Einspannung entspricht.

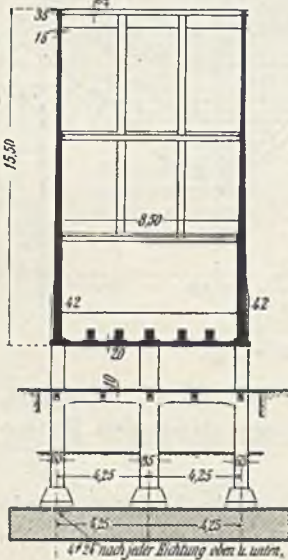


Die Wände erhielten horizontale Verstärkungsrippen, die den Zweck verfolgen, die Reibung zwischen Füllmaterial und Wände zu vergrößern und damit den Seitendruck zu reduzieren.

Der Boden besteht aus umgekehrten Plattenbalken; diese Ausbildung wurde derjenigen gewöhnlicher Plattenbalken nicht allein deswegen vorgezogen, weil eine glatte Untersicht erwünscht war, sondern auch wegen folgender zwei Vorteile derselben:



Querschnitt.



Zu Abb. 47.

1. hat man die Platte auf der Druckseite dort, wo die größten Momente auftreten, d. h. an den Stützen,
2. wird durch die in das Füllmaterial vorstehenden Trägerrippen des Bodens die Bodenplatte ziemlich entlastet, weil das Material gewissermaßen auf den Rippen aufsitzt. Wenn sich dies auch nicht rechnerisch verfolgen läßt, so bietet die Anordnung doch eine weitergehende Sicherheit.

Die Decke hängt mittels Bügel an den Trägern. Die Bügel wurden entsprechend der maximalen Querkraft berechnet. Die kurzen Zwischenwände dienen zum Teil zur Auflagerung der senkrecht zu ihrer Richtung angeordneten Bodenträger. Die Aufhängung erfolgt mittels der in Abb. 51 ersichtlichen großen Ankereisen Durchm. 30 mm. Die Fundamentplatte ist so dimensioniert, daß in ihr Zug- und Scherspannungen von höchstens 3,5 kg/cm² auftreten können. Sicherheitshalber sind noch Längs- und Quereisen unter den Säulenreihen vorgesehen.

Die unterhalb der Behälter gezeichnete Eisenbeton-

decke stellt eine Verbindungsbühne zwischen dem alten und neuen Koksofen dar. Abb. 52 auf S. 67 zeigt die Ansicht der fertigen Anlage. Diese wurde im Jahre 1906 von der Firma Wayss u. Freytag, A.-G., für die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke, G. m. b. H., Völklingen a. d. S. ausgeführt.

3. Erzbehälter für die Moselhütte, Maizières.¹⁾

Den Bedürfnissen des Hüttenwesens ist eine besondere Art von Silos angepaßt, die man als Erztaschen bezeichnet und die sich nicht in die beiden eingangs unterschiedenen Gruppen einreihen lassen. Wir geben in Abb. 53 den Grundriß eines solchen Erzbehälters für die Moselhütte, Maizières, dessen Länge 178 m beträgt. Die geneigten Bodenflächen werden durch sehr starke Querträger getragen, auf welche auch die drei Eisenbahngleise unterstützenden Eisenbetonsäulen aufgelagert sind. Wegen der großen Länge der Anlage sind vier Dehnungsfugen vorgesehen worden. Dabei ist die Anordnung so getroffen, daß an der Fuge Säulen und Querträger doppelt und unmittelbar aneinander anstoßend hergestellt wurden. Die Bewehrung der Querträger mußte besonders auch zur Aufnahme der Schubspannungen ausgebildet werden, d. h. es waren für diese besondere abgebogene Eisen einzulegen, weil die oberen und unteren Eisen hierzu nicht ausreichten.

Die Längswände wurden in ihrem unteren Teil direkt zwischen die Hauptträger gespannt, im oberen, durchlaufend offenen Teil zwischen vertikal verlaufende Versteifungsträger, die oben durch Verankerungsträger zusammengehalten werden. Die Säulenstellung ist nicht durchgehend eine regelmäßige, sondern mußte sich entsprechend dem Lichtraumprofil der vorgesehenen Querdurchfahrten verändern, was viele schwierige Abänderungen vom normalen Querschnitt des Silos zur Folge hatte.

Die Entleerung des Silos geschieht in den untersten Punkten sowohl in der Mitte, wie nach außen durch zweckmäßig konstruierte Entleerungsschnauzen, die durch Winkeleisenrahmen in die Rutschflächen sowie in die äußeren Längswände einbetoniert sind. Über den ganzen Silo hinweg führen drei parallele Eisenbahngleise,

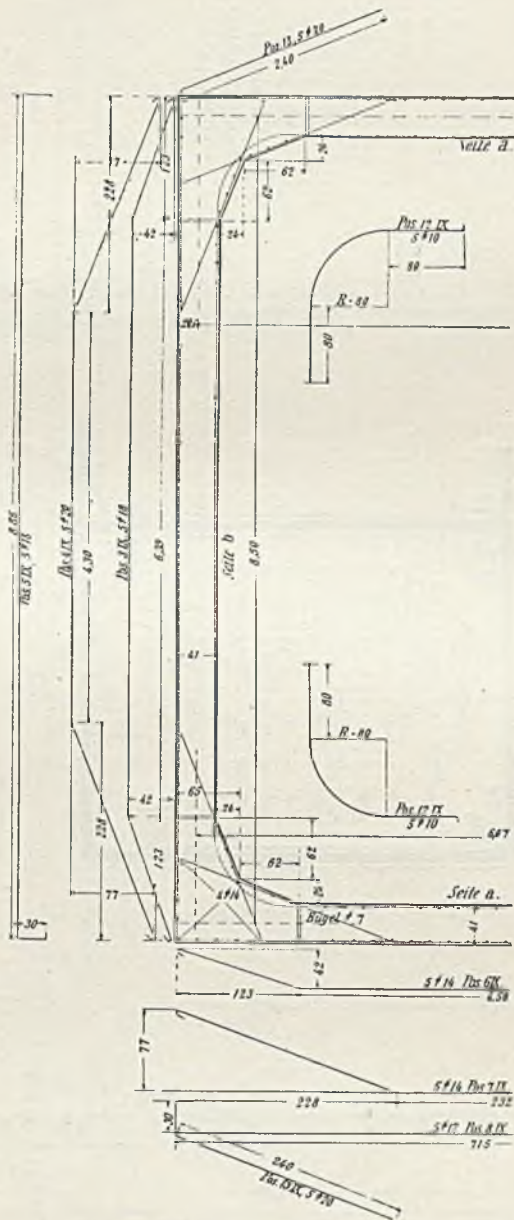


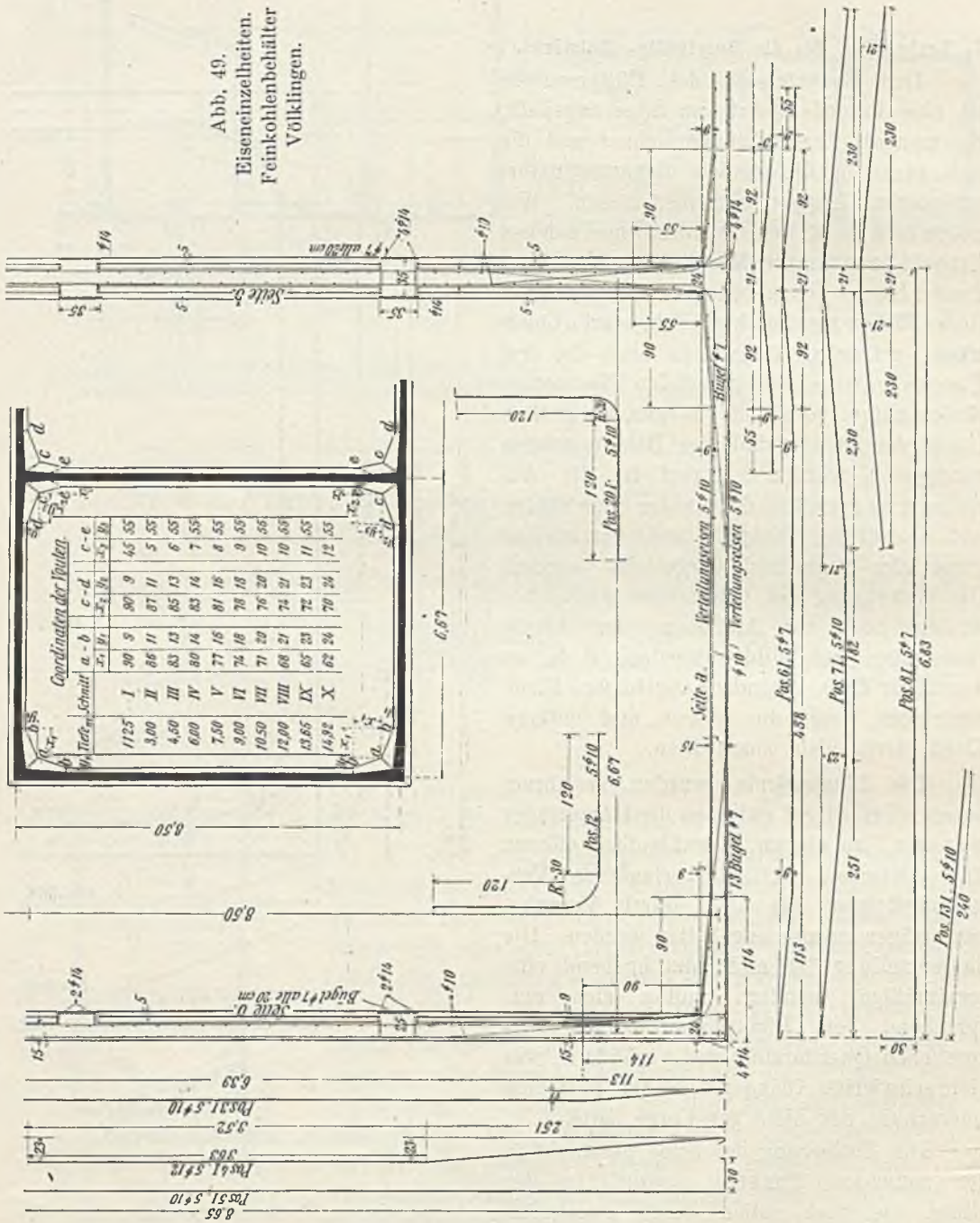
Abb. 48. Eiseneinzelheiten.
Feinkohlenbehälter Völklingen.

¹⁾ Vergl. „Der Eisenbetonbau“ von Prof. Mörsch, 4. Auflage.

zwei von 1 m Spur für die Transportbahn aus den Erzgruben und ein normalspuriges für den Kokstransport.

Einen Begriff von dem Umfang dieser Anlage gibt das große Quantum von ver-

Abb. 49.
Eiseneinzelheiten.
Feinkohlenbehälter
Völklingen.



arbeitetem Rundeseisen, das sich auf etwa 500 t für den gesamten Bau beläuft. Die Bauzeit betrug mit Einschluß der für den Aushub der Fundamente notwendigen Zeit

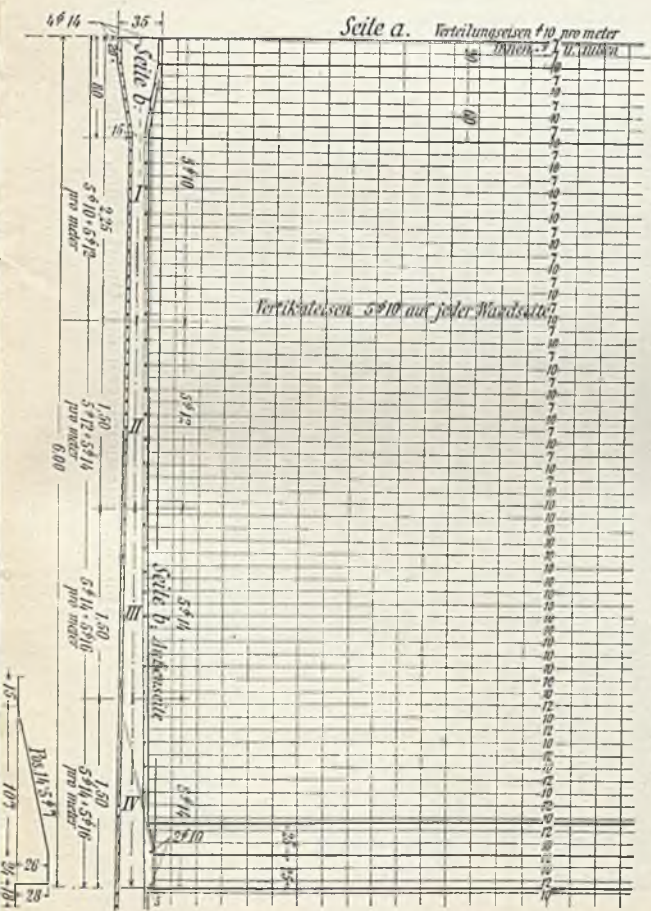
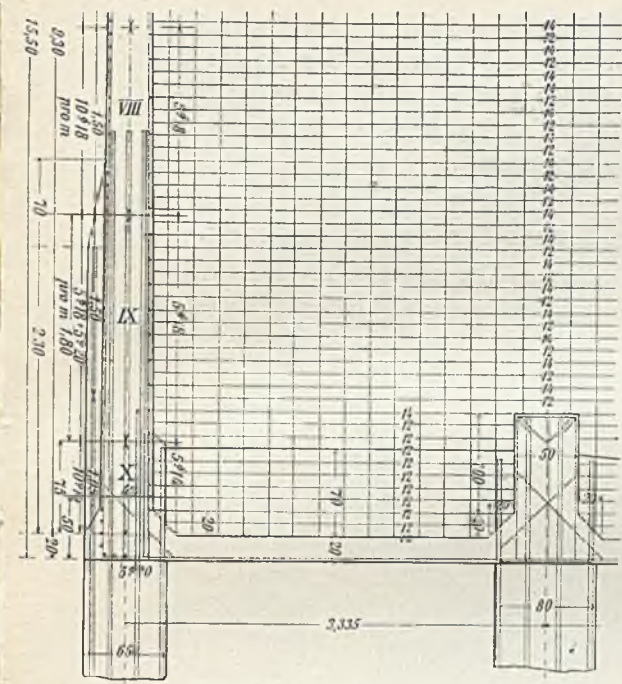


Abb. 50a u. b.

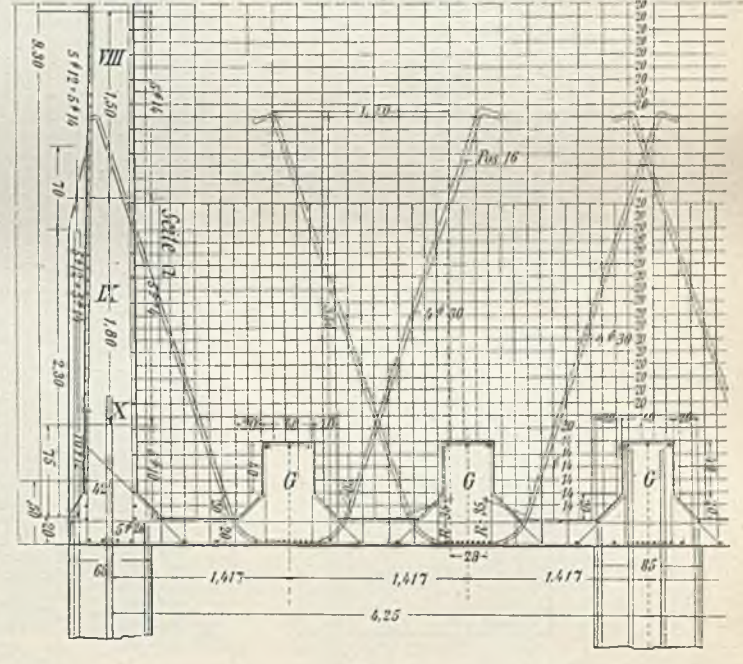
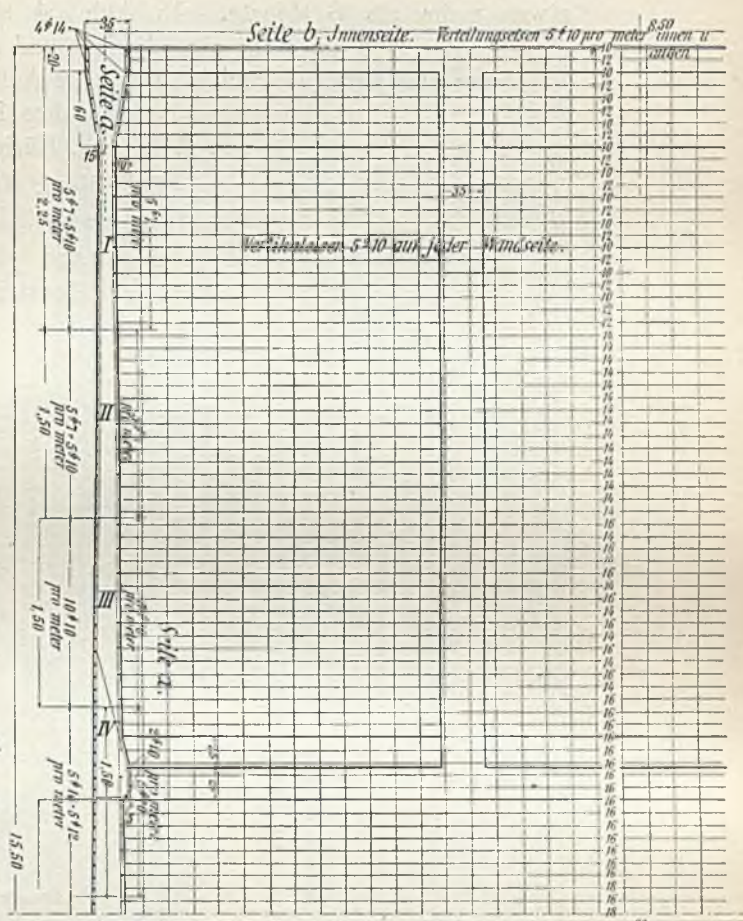


Abb. 51.

etwas mehr als 6 Monate. In Abb. 54 sind die Eiseneinlagen des Querträgers dargestellt. Abb. 55 stellt eine Ansicht und Abb. 56 eine Untersicht der Anlage dar.

Das umfangreiche Projekt wurde im Auftrage der Firma Waysss u. Freytag, A.-G. — die im Jahre 1905/06 das Bauwerk ausführte — von Prof. Mörsch, Zürich ausgearbeitet.

Bei dieser Gelegenheit sei einiges über die Ausbildung von Füllschnauzen für Erzsilos gebracht.

Eine von der Firma Waysss u. Freytag, A.-G., stammende Konstruktion ist aus den Abb. 57 u. 58 ersicht-

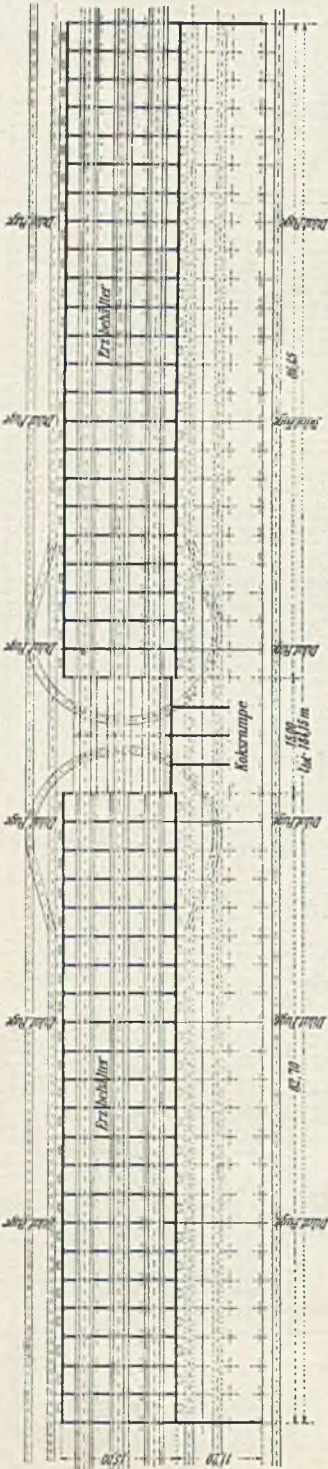


Abb. 53. Grundriß der Siloanlage Maizières.

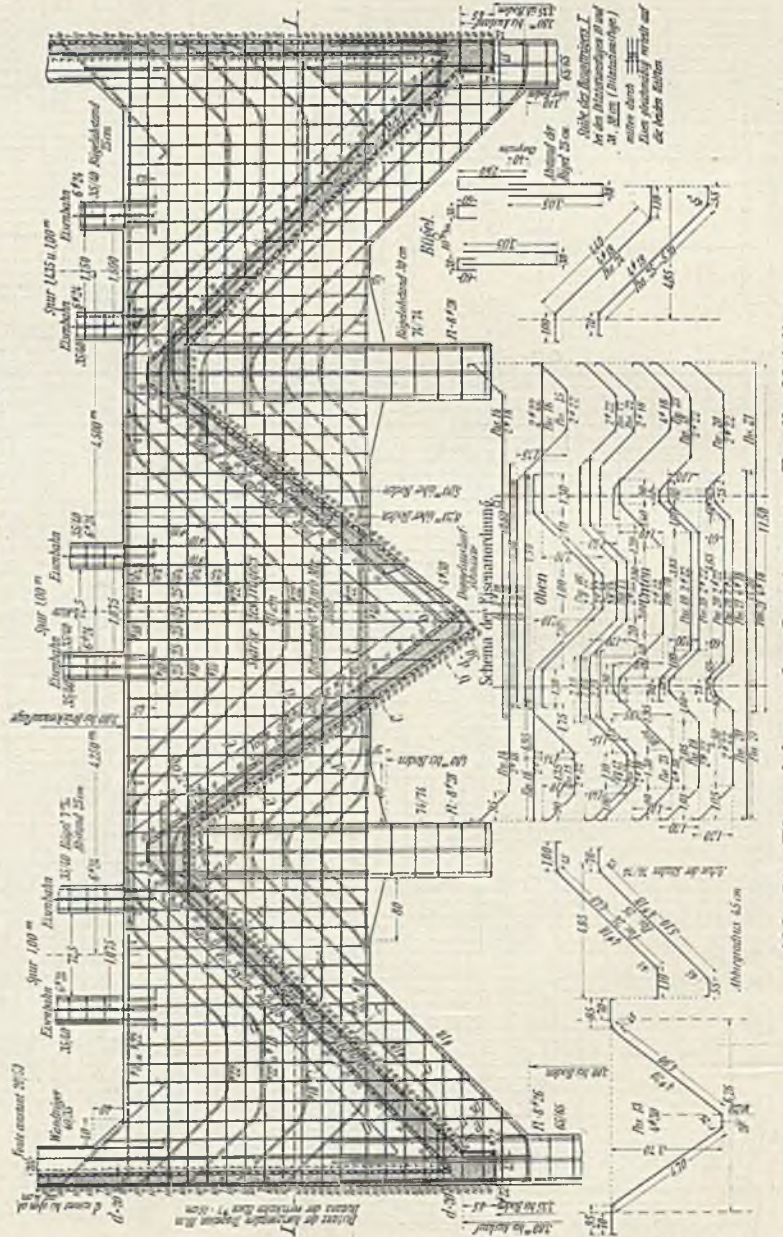


Abb. 54. Eiseneinlagen des Querträgers. Erzsilos Maizières.

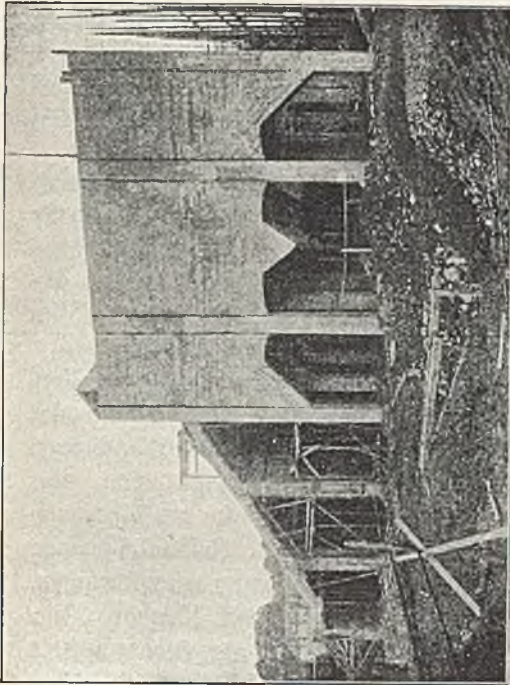


Abb. 55. Ansicht. Erzsilos Maizières.

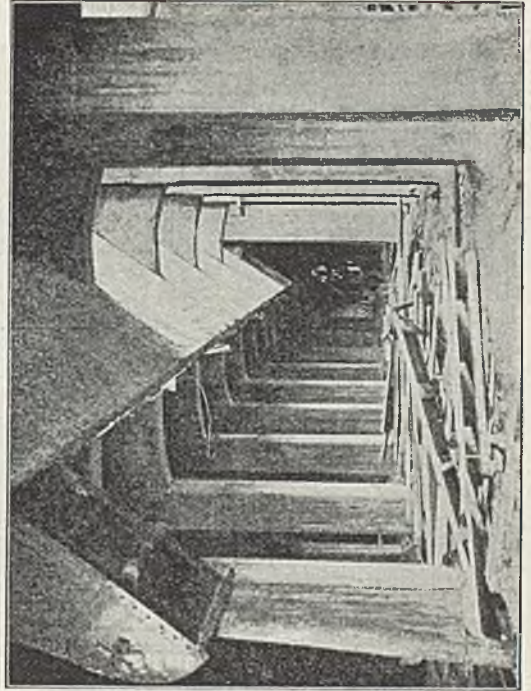


Abb. 56. Untersicht. Erzsilos Maizières.

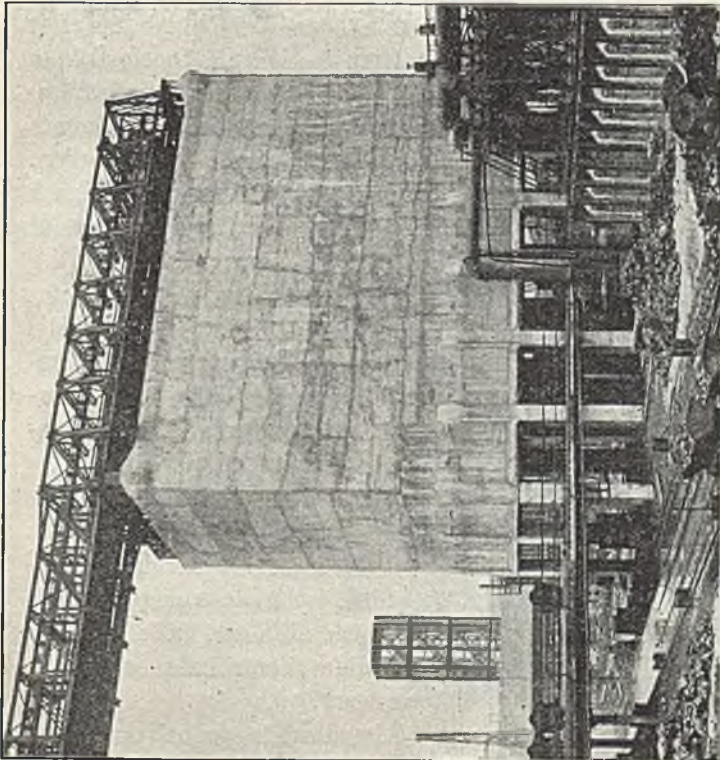


Abb. 52. Ansicht der fertigen Anlage.
Feinkohlenbehälter in Völklingen a. d. S.

lich. Nach Angabe der Firma bestehen ihre Hauptvorteile im folgenden:

1. Die Auslauföffnungen können, da die Gegengewichte fehlen, sowohl beliebig nebeneinander, als auch direkt einander gegenüber angeordnet werden. Es kann somit allen Wünschen bezüglich der Anordnung des Betriebes entsprochen werden.

2. Aus den gleichen Gründen gewinnt man bei dieser Konstruktion an Raum, was für die Unterbringung der Transportgleise und Hängebahnen von großer Wichtigkeit ist.

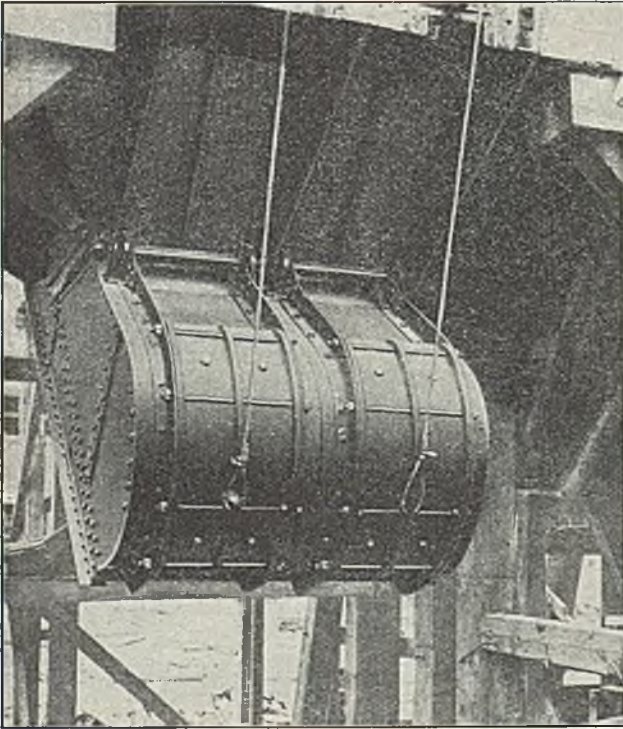


Abb. 57. Siloverschluß nach Wayss u. Freytag
(Klappen geschlossen).

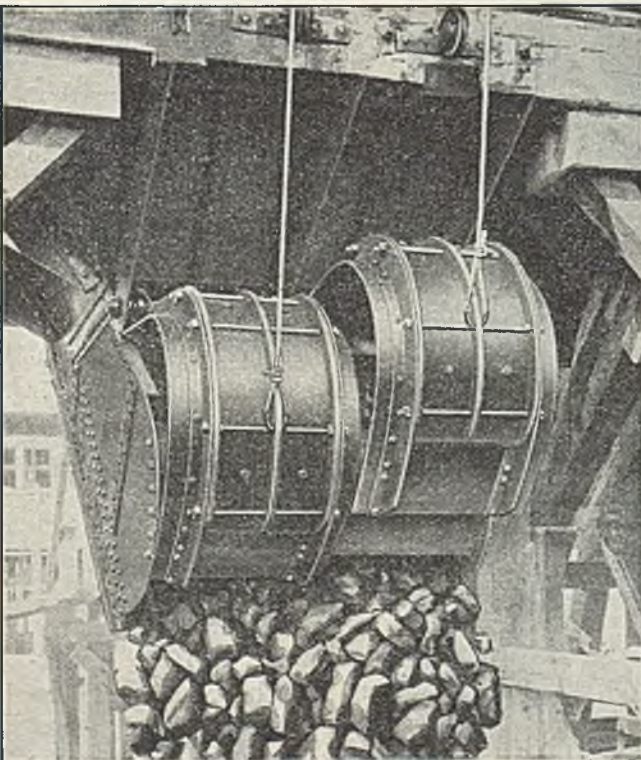


Abb. 58. Siloverschluß nach Wayss u. Freytag
(Klappen geöffnet).

Die Kosten werden infolge der einfacheren und leichteren Anordnung geringer als diejenigen von anderen mechanisch zu bewegenden Siloverschlüssen.

Abb. 57 zeigt den Siloverschluß gefüllt, beide Klappen sind geschlossen.

Abb. 58 gibt eine Ansicht des Siloverschlusses bei leerem Silo, beide Klappen sind geöffnet.

Die Wirkungsweise dieser Verschlussvorrichtung ist nun folgende:

Durch die glatten Wandungen des Trichters drängt sich das Material gegen die im geschlossenen Zustande nahezu horizontal liegende Verschlußseite der hakenförmigen, weit ausgebauchten Klappe. Das Öffnen derselben geschieht mittels einer Winde durch Seilhub. Der die Winde bedienende Mann kann den Auslauf genau von der Vorderseite her beobachten und ist daher imstande, den Verschluß jederzeit schnell zu bedienen. Dieses Öffnen und Verschließen kann selbsttätig für jede beliebige, vorher bestimmte Öffnungsweite eingerichtet werden. Das Verschließen geschieht durch einfachen Fall der Klappe, wobei der Auslaufstrom durchschnitten und der Verschluß ohne Zurückdrängen des Auslaufgutes betätigt wird. Die schneideartige Ausbildung des unteren Klappenrandes bewirkt hierbei ein Durchschlagen der etwa eingeklemmten Stücke. Bei großer Härte derselben hat die frei fallende Klappe den Vorteil des leichten Zurückvibrierens, wodurch es möglich wird, daß das eingeklemmte Stück noch abfallen und dann der vollständige Verschluß exakt erfolgen kann.

Um die Klappe bei der Hochstellung zu entlasten, ist ein gebogenes Stück Blech eingienietet,

gegen das der Auslaufstrom stürzt und das gleichzeitig die Mündung begrenzt und den Strom nach unten drängt. Durch die günstige Verteilung des Eigengewichtes der Klappe ist die lebendige Kraft ihres freien Falles so erheblich, daß das Durchschneiden des Stromes glatt und mit Leichtigkeit geschieht.

In den Abbildungen ist je eine zweiteilige Verschlußvorrichtung dargestellt. Die Zweiteilung der Breite nach ist ausreichend, um Verstopfungen zu begegnen. Die zweite Klappe hat eigentlich nur den Zweck, ein etwa sich bildendes Gewölbe zum Einsturz zu bringen.

Die neue Füllschnauzenkonstruktion soll sich bisher vorzüglich bewährt haben: Der Verschluß erfolgte jedesmal sicher und mit Leichtigkeit und das Trieren ging durch die beliebige Verstellbarkeit der Klappe glatt vor sich. Die Konstruktion ist zum Patent angemeldet.

Eine andere Füllschnauzenkonstruktion, die von der Firma Züblin u. Cie. in Straßburg empfohlen und verwendet wird, ist in den Abb. 59 bis 63 dargestellt. Die Firma teilt darüber folgendes mit:

Das Auslaufen von Erzen und allgemein von körnigem, insbesondere grobkörnigem Gut verschiedener Größe und Form aus den Aufbewahrbehältern, wie Silos, Erzrumpfen usw., durch die Auslaufschnauze hindurch wird sehr oft dadurch gehindert, daß das Gut sich in der Auslauföffnung und in dem verhältnismäßig engen Auslaufhalse zusammenstaut und eine Art Gewölbe bildet, welches den Siloinhalt trägt und am Auslaufen hindert. Man hat eine Reihe Einrichtungen geschaffen, welche die Ausläufe solcher Zwischenbehälter abschließen sollen, hat aber wenig Erfolg erzielt, weil die Auslauföffnungen und auch die vor ihnen liegenden Hälse zu eng waren; andererseits war es meist nicht möglich, die Öffnungen größer zu machen, weil die Verschlüsse sonst nicht gut mehr in der üblichen Weise mit der Hand hätten bedient werden können. Bei allen vorhandenen Vorrichtungen ist es fast unerlässlich, andauernd zu stochern, um das Auslaufen des Erzes zu ermöglichen.

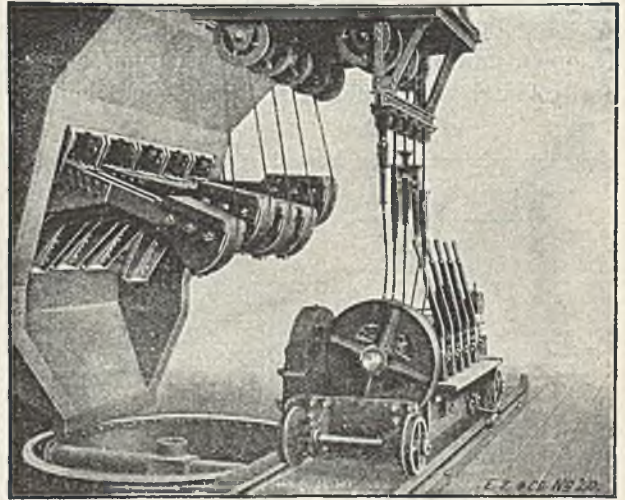


Abb. 59. Bunkerverschluß, Züblin u. Cie.

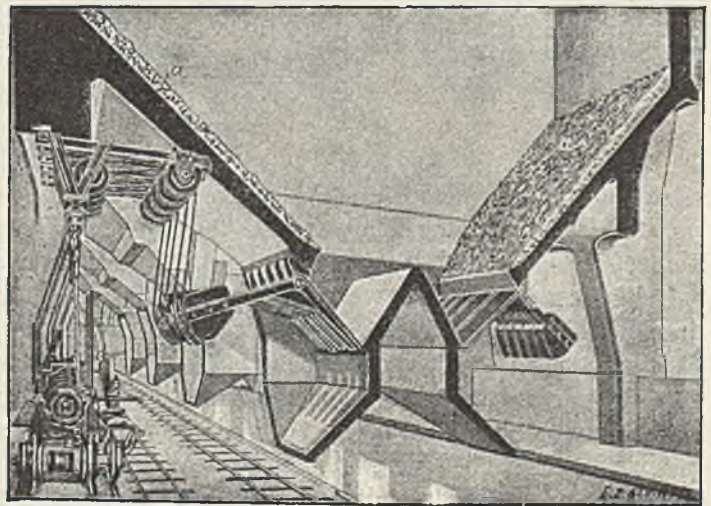


Abb. 60. Ideeller Schnitt durch die Ausläufe.

Bei allen vorhandenen Vorrichtungen ist es fast unerlässlich, andauernd zu stochern, um das Auslaufen des Erzes zu ermöglichen.

Es ist klar, daß infolge der häufigen Stockungen beim Auslauf das Abfüllen z. B. eines Eisenbahnwagens von 12, 15 oder sogar 40 t sehr zeitraubend ist.

Die im folgenden beschriebene Neuerung besitzt in dem Klappensystem einen Verschuß der Auslauföffnung, der einfach zu bedienen und daneben sehr leistungsfähig ist.

Der von allen bestehenden Ausführungen schon in den Konstruktionsgrundzügen abweichende Verschuß ermöglicht es, ohne die geringste Anstrengung des Arbeiters sowohl sehr große, als auch ebenso sicher die kleinsten Mengen Erz abzulassen. Er besteht nicht aus einer einzigen, sondern aus mehreren voneinander unabhängigen Klappen, welche durch schwere Gegengewichte belastet und an der Oberkante der Auslauföffnung drehbar gelagert sind. Das Gut wird aus dem Silo durch Anheben der Klappen mittels einer Windevorrichtung abgelassen, die im wesentlichen aus einer Seiltrommel und einer dazu gehörigen Klauenkupplung mit Bedienungshebel für jede

einzelne Klappe besteht. Das Windwerk kann feststehend oder auch fahrbar für eine Reihe von mehreren Klappenverschlüssen angeordnet werden. Als motorische Kraft empfiehlt sich besonders im letzteren Falle der elektrische Strom. Das Windwerk hat also nur die Aufgabe, die Klappen zu heben, die im Augenblick der Auskupplung durch ihre schweren Gegengewichte kräftig zuschlagen. Die Anordnung mehrerer Klappen für eine Öffnung erklärt sich aus dem Umstande, daß es mit einer einzigen Klappe oder Platte nicht möglich wäre, den Strom abzustellen, da dieser sich aus großen und kleinen Erzbrocken zusammensetzt und jeder größere Brocken den Verschuß offen halten würde, wobei die kleineren

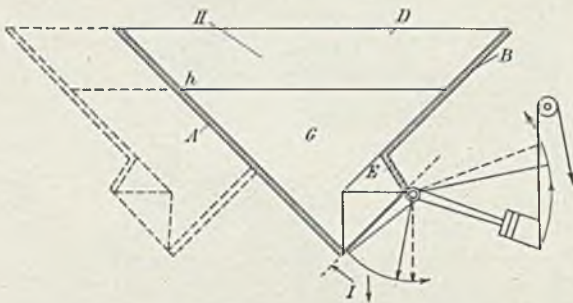


Abb. 61. Bunkerverschluß Züblin.
Schematische Darstellung.

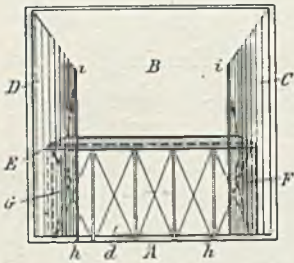


Abb. 62.

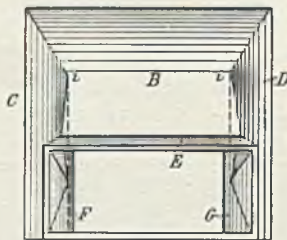


Abb. 63.

Stücke doch noch herausfallen könnten. Es kommt denn auch in der Tat sehr oft vor, daß sich einzelne Klappen nur teilweise schließen, während eine benachbarte Klappe, bei der kein Hemmnis vorliegt, zufallen kann. Diese Eigentümlichkeit des Verschlusses bringt den weiteren Vorteil mit sich, daß man durch Anheben einer einzelnen Klappe kleinste Mengen Erz herabfallen lassen und so z. B. den Inhalt eines Eisenbahnwagens oder eines Gichtkübels aufs genaueste abgleichen kann.

Es wurde ermittelt, daß mit dieser Verschußvorrichtung zum Beladen eines Eisenbahnwagens von 12 bis 15 t 10 bis 15 Sek. nötig waren. Ferner zeigte sich bei diesen Versuchen, daß Verstopfungen des Auslaufes mit Sicherheit vorgebeugt waren und daß andererseits auch der mit Gewalt hervorstürzende Erzstrom jederzeit mit Hilfe des Klappenverschlusses sicher beherrscht und augenblicklich unterbrochen werden konnte.

Der im Jahre 1907 durchkonstruierte Verschuß kam zur Anwendung zuerst bei der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, Abteilung Aachener Hütten-Verein,

Esch a. d. Alzette an einem im Bau befindlichen Eisenbetonbunker von 30 000 t Inhalt. Der Anwendung bei dieser Anlage ging eine große Reihe ausführlicher Versuche voraus, welche die Überlegenheit dieses Verschlusses bewiesen.

4. Erzsilo für das Hüttenwerk Kneuttingen.

Die Anlage besteht aus zwei äußeren Längswänden, einer Mittelwand in der Längsrichtung, Querwänden in Abständen von 4,20 m, der Gleisbrücke sowie dem ebenfalls in Eisenbeton konstruierten unterirdischen Kanal. Die Querwände sind im äußeren Teil auf besonderen Betonfundamenten zusammen mit den geneigten Rutschflächen aufgelagert.

Abb. 64 zeigt einen Querschnitt der Anlage. Ausgeführt im Jahre 1905 von der Firma Wayss u. Freytag, A.-G.

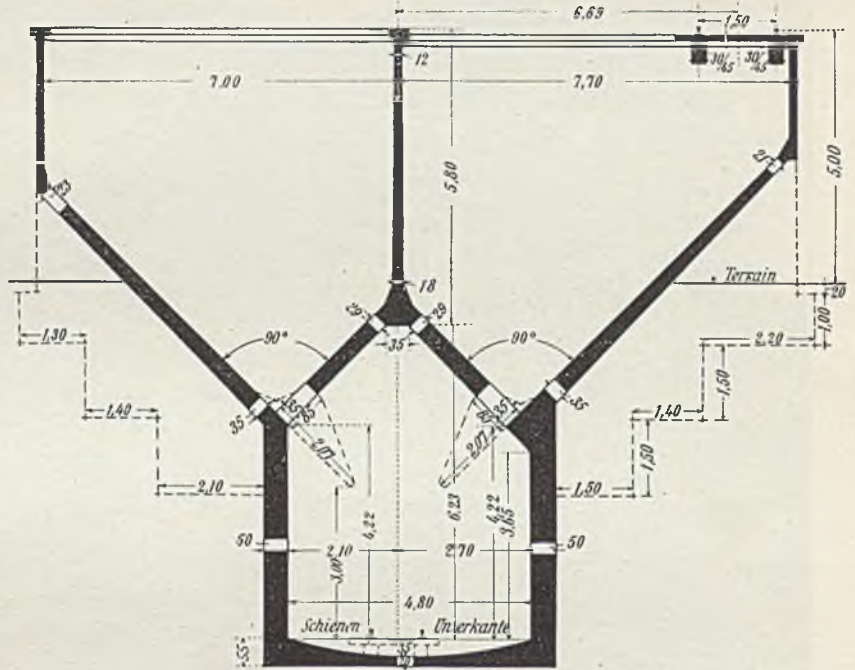


Abb. 64. Querschnitt. Erzsilo Kneuttingen.

5. Erzsilo Düdelingen.

(Abb. 65 bis 68).

Die Behälter der 100 m langen Anlage bestehen aus zwei Längswänden, einer Mittelwand, vier geneigten Bodenflächen und 4,75 m voneinander entfernten Querwänden, welche die Bodenflächen tragen. Einerseits sind die Behälter durch eine Eisenbetonwand und andererseits durch Eisenbetonsäulen abgestützt.

Die Außenwände zeigen sichtbare Eisenbetonrippen, in deren Verlängerung die das Eisenbetonbogendach tragenden

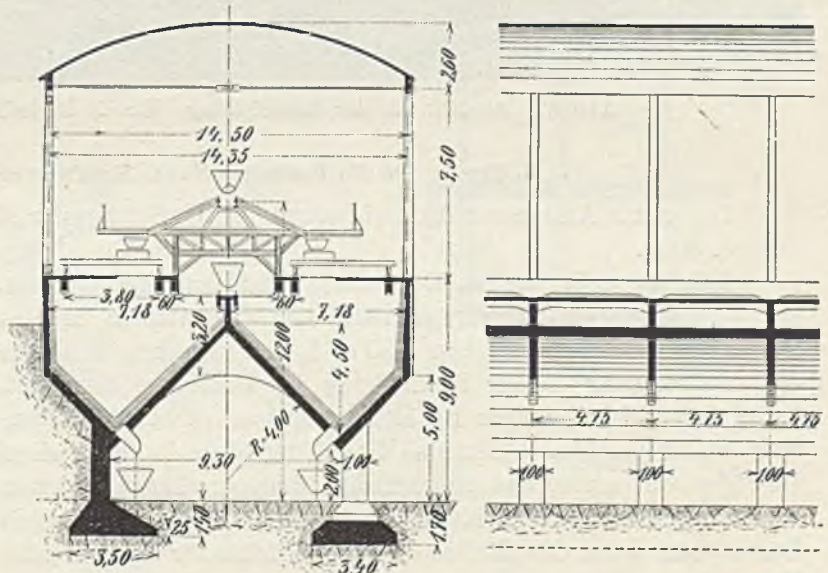


Abb. 65. Querschnitt.

Abb. 66. Längenschnitt.

Erzsilo Düdelingen.

Säulen angeordnet sind. Das Bogendach ist mit Zugstangen versehen, so daß nur vertikale Auflagerdrücke entstehen.

Die ganze Anlage liegt im Einschnitt, und die starke Ausbildung der linksseitigen Eisenbetonwand nebst Fundament ist durch den auf sie wirkenden Erdschub bedingt. Ausgeführt im Jahre 1906 von der Firma Wayss u. Freytag, A.-G.

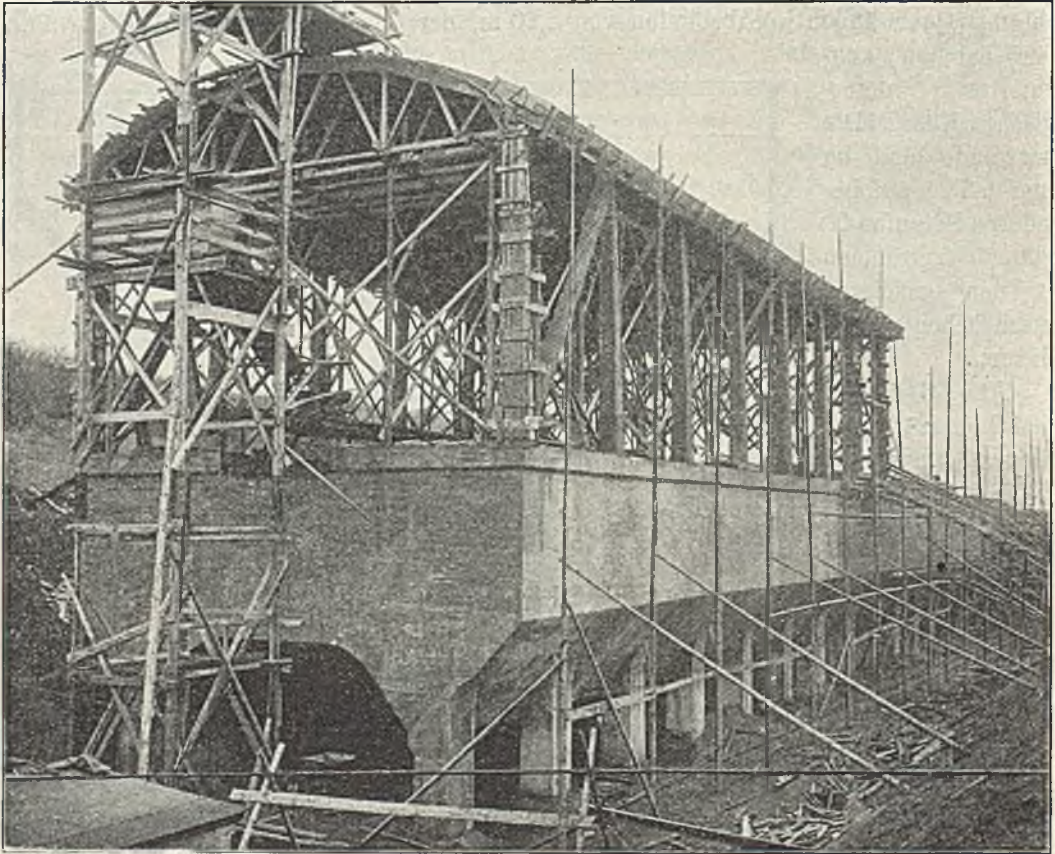


Abb. 67. Ansicht vor der Ausschalung. Erzsilo Düdelingen.

6. Erzsilo für die Fentscher Hütte, Kneuttingen.

Die ganze Anlage zur Aufspeicherung und Umladung der Eisenerze hat eine Länge von rd. 80 m.

Abb. 69 u. 70 stellen Querschnitt und Längenschnitt dar. Die Behälter sitzen auf eisenbewehrten Längstragwänden und Querwänden in Stampfbeton. Die Längstragwände in der Stärke von 0,60 m lassen zwischen sich eine freie Durchfahrt von 4,70 m Breite für die zur Beschickung des Hochofens dienenden Wagen, die durch am Fuße der trichterförmigen Behälter ausgesparte Ablassöffnungen mit Material aus dem Silo beladen werden. Unten sind diese Tragwände durch ein eisenbewehrtes umgekehrtes Gewölbe verbunden, das gleichmäßige Bodenpressung bewirken soll. Die Längstragwände gehen oben nach beiden Seiten in die unter 45° gegen die Horizontale ansteigenden Böden über, deren Oberflächen die Rutschflächen für die Erze bilden. Die beiden inneren Böden finden ihre gemeinsame Fortsetzung in einer vertikalen Innenlängswand, die die ganze Anlage in der Längsrichtung in zwei Teile scheidet. Die äußeren Böden gehen

in vertikale Außenlängswände über, deren Abstand 15 m beträgt. Je im Abstand von 4,2 m verläuft eine vertikale Querwand, so daß im ganzen 19 größere und ebensoviel kleinere Taschen entstehen, deren jede zwei Ablaßöffnungen 0,80/0,80 aufweist. Die

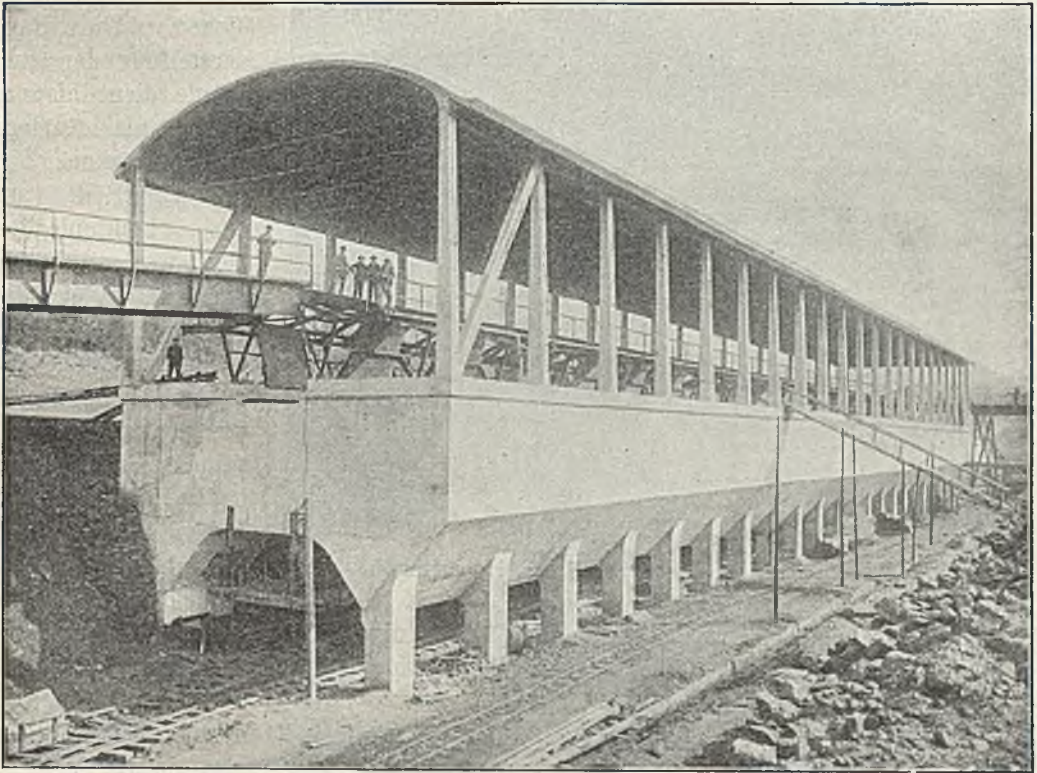


Abb. 68. Ansicht des fertigen Baues. Erzsilo Düdelingen.

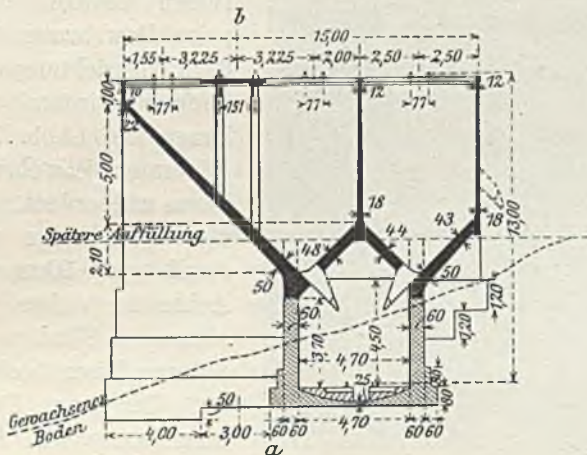


Abb. 69. Querschnitt.

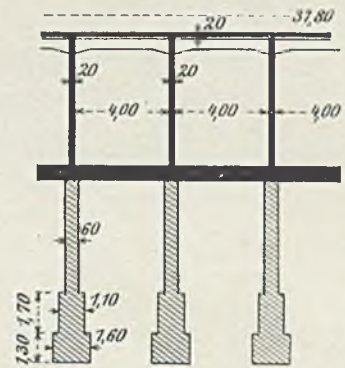


Abb. 70. Längenschnitt.

Erzsilo für die Fentscher Hütte, Kneuttingen.

Außenböden sitzen auf den Querwänden in Stampfbeton, die sich je unter den Querwänden der Behälter finden und die sich unten in einem Fundamentfuß auf die zur Innehaltung der zulässigen Bodenpressung nötige Fläche verbreitern. Alle Wände der

Behälter verbreitern sich oben zu einer Randversteifung. Zwischen den Querwänden sind zudem eine Eisenbetonbrücke für Normalbahn und drei eiserne Schmalspurbahnbrücken gespannt, die der Zufuhr von Erz dienen. Die Randversteifung der Querwände dient also zugleich als Auflager dieser Brücken.

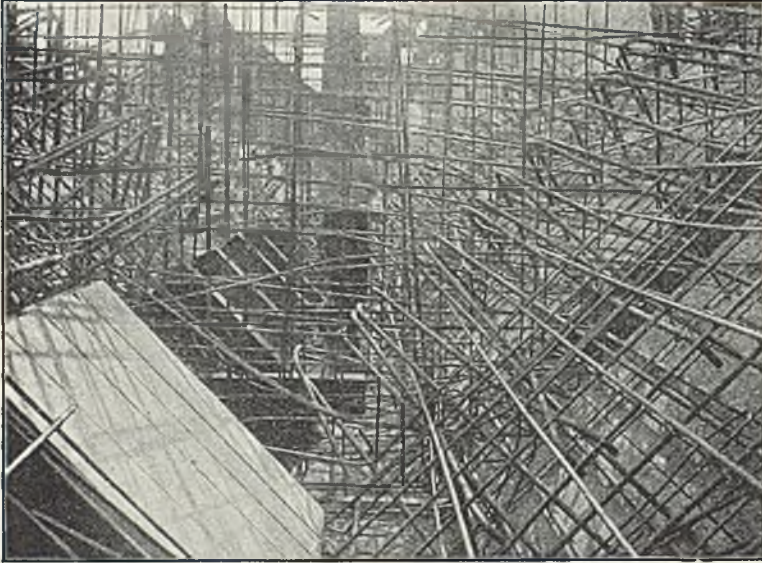


Abb. 71. Erzsilo für die Fentscher Hütte, Kneuttingen.

Die Böden sind als kontinuierliche Decken mit einer Spannweite gleich dem Abstände der Querwände konstruiert. Die Außenböden sitzen auf den Stampfbetonquerwänden, die Innenböden sind durch starke Bügel an die Eisenbetonquerwände aufgehängt. Entsprechend der Abnahme des Druckes durch die Füllung nimmt die Stärke des einen Bodens von 0,50 bis auf 0,22 m ab. Über den Auflagern sind Vouten von $\frac{8}{10}$ der Bodenstärke nach innen angelegt, die zugleich den Übergang in die Vertikalwände bilden. Die Böden besitzen doppelte Bewehrung. In der Längsrichtung verlaufen horizontal die Tragstäbe (Abb. 71). Die untere Bewehrung ist so angeordnet, daß die Stäbe einen Abstand von 0,10 m von Achse zu Achse besitzen. Fünf der unteren Eisen bleiben auf die ganze Feldlänge unten und übergreifen sich an den Stützen um etwa 0,30 m; die fünf anderen Eisen sind beim Voutenbeginn nach oben abgebogen, verlaufen in der Bodenroute und reichen je ins benachbarte Feld hinein. Die obere Längsbewehrung besteht aus 5 R.-E. 12 mm für 1 lfd. m, die horizontal über den Vouten durchgehen und sich

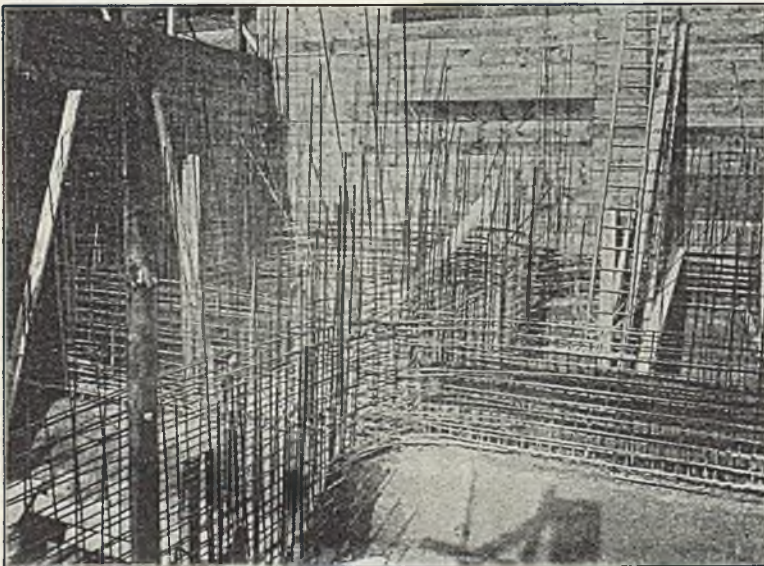


Abb. 72. Kreuzungspunkt zwischen Längs- und Querwänden.
Erzsilo für die Fentscher Hütte, Kneuttingen.

aus 5 R.-E. 12 mm für 1 lfd. m, die horizontal über den Vouten durchgehen und sich

auf 1,20 m übergreifen. Die durchlaufenden Querstäbe unten und oben, R.-E. 12 mm, sind im Abstände 0,20 m angeordnet und verlaufen innerhalb der Tragstäbe. Um im tiefsten Punkte des Bodens einen Riß zu verhindern, übergreifen sich die Querstäbe der inneren und äußeren Böden, und zudem sind noch Zulageisen eingelegt. Beim Übergang der Bodenendfelder in die Endquerwände sind besondere Eckencisen eingelegt.

Die Querwände haben infolge ihrer doppelten Aufgabe — Aufnahme des Seitendrucks des Materials und achsiale Beanspruchung durch Eigengewicht, Innenböden und Auflagerung der Brücken — konstante Stärke erhalten; von unten bis oben ist $d = 0,20$ m. Die Bewehrung hingegen wird nach oben geringer. Unter der Eisenbetonbrücke dagegen verdickt sich die Querwand auf 0,35 m, so daß eine Art Wandpfeiler entsteht, der unten im Boden und oben in der Brückenplatte eingespannt und demgemäß bewehrt ist, so daß er die Spannweite der Querwand auf der breiteren Seite auf die Hälfte beschränkt. Die Querwand ist nun als vertikale Platte betrachtet, deren mittleres Stück zwischen diesem Wandpfeiler und der Innenlängswand gespannt ist auf etwa 5 m Länge. Die horizontale Bewehrung ist natürlich beiderseitig; Abstand der Eisen 0,10 m von Achse zu Achse. Die Querstäbe, R.-E. 10 mm, verlaufen vertikal und in Abständen von 20 cm. Die Bügel, R.-E. 18 mm, zur Aufhängung des Bodens verlaufen innerhalb der beiden Bewehrungen und verteilen den Zug auf eine große Zone der Querwand.

Die Längswände sind zwischen den Querwänden als kontinuierliche Platten gespannt. Den Übergang von Quer- und Längswänden ineinander vermitteln Vouten, die je die bezügliche Breite auf das Doppelte erhöhen. Die gemeinsame Zone ist hinsichtlich der Bewehrung als Säule ausgebildet

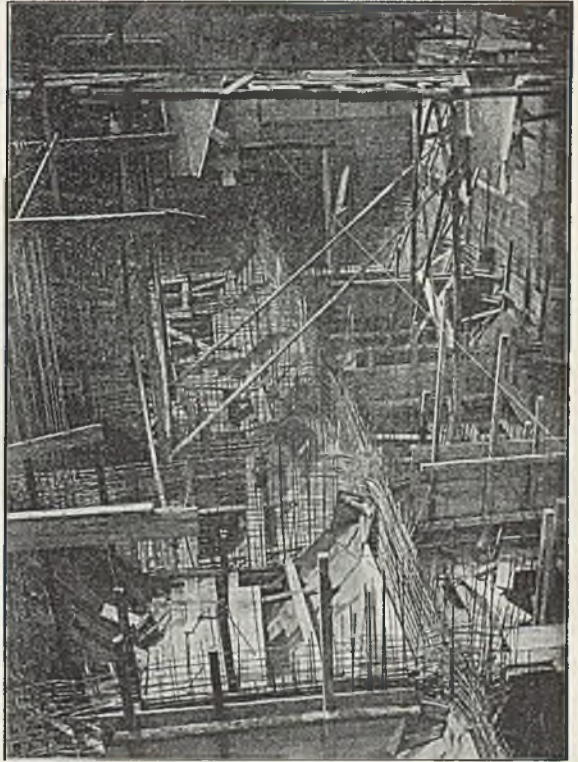


Abb. 73. Kreuzungspunkt zwischen Längs- und Querwänden.

Erzsilo für die Fentscher Hütte, Kneuttingen.

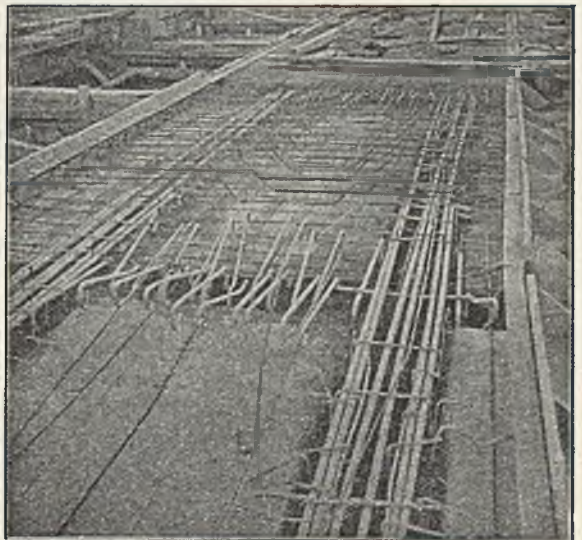


Abb. 74. Bewehrung der Gleisträger.
Erzsilo für die Fentscher Hütte, Kneuttingen.

(Abb. 72 u. 73). Besondere Säuleneisen R.-E. 14 mm, mit Bügeln bilden deren Längsbewehrung. Die Querbewehrung geschieht durch die sich übergreifenden Wandeisen, so daß eine eigenartig frettierte Säule entsteht. Die horizontalen Wandeisen greifen mit Haken in die Säuleneisen ein.

Die Stärke der Längswände vermindert sich nach oben von 0,18 auf 0,12 m.

Die Randversteifung der Wände weist je vier stärkere Längseisen auf, die durch besondere Bügel verbunden sind.

Die Brücke in Eisenbeton, kontinuierlich auf 4,2 m Weite gespannt, war für Belastung durch Lokomotive und Talbotwagen von je 45 t zu konstruieren; die Platte

erhielt 0,15 m Stärke; die Balken, unter jeder Schiene einer, erhielten das Format 30/55 cm (Abb. 74). Abb. 75 veranschaulicht die Trichterbewehrung.

Zur Bereitung des Eisenbetons fand ausschließlich Schlackenmaterial Verwendung, sowohl Kleinschlag wie Sand. Vielfach wird vor Verwertung dieses Materials zur Eisenbetonbereitung gewarnt. Bedenken stiegen auch hier auf; da aber die ausführende Firma schon mehrfach Silos mit

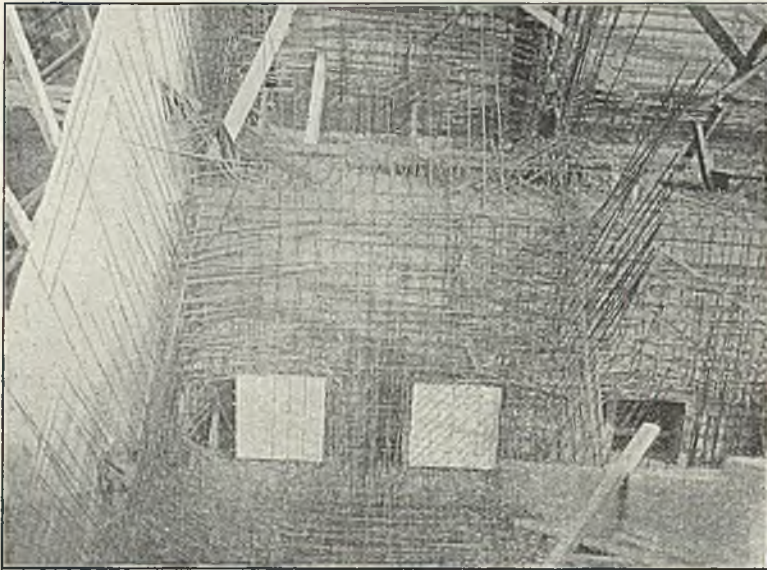


Abb. 75. Trichterbewehrung.
Erzsilo für die Fentscher Hütte, Kneuttingen.

demselben Material erstellt hat, ohne daß sich bis dahin Mängel gezeigt hätten, und auch andere Eisenbetonobjekte im Bezirk der Eisenhüttenwerke vielfach dasselbe Baumaterial aufweisen, so überwand man diese Bedenken, wozu namentlich auch die Billigkeit dieses Materials beitrug (Flußkies und Sand würden sich bedeutend höher gestellt haben).

Dieses Material verlangt aber doppelt sorgfältige Arbeit. Infolge sehr großer Porosität nimmt es das Anmachewasser äußerst begierig auf, und der damit zubereitete Beton bindet sehr rasch ab. Während der Betonierung mußte deshalb reichlich mit Wasser besprengt werden. Die Schrägböden wurden auf einfacher (nur unterer) Schalung hergestellt, wodurch eine bessere Stampfung ermöglicht und zugleich an Schalung gespart wurde. Für die Wände kam horizontale Schalung in Anwendung, damit zonenweises Flechten der Eiseneinlagen, Einschalen und Betonieren ermöglicht wurden. Die Zonen erhielten eine Höhe von je 0,80 m, um ein richtiges Stampfen zu ermöglichen. Gewissenhafte Stampfung war erstes Erfordernis, da die Entstehung von „Nestern“ (Hohlräumen) unbedingt vermieden bleiben mußte, die sich andernfalls bei dem dichten Geflecht unfehlbar gebildet hätten. Ganz kleine flache Stampfer dienten dazu, das Material zwischen Schalung und Eisengeflecht dicht zu bringen. An den Kreuzungsstellen von Quer- und Längswänden besonders war peinliche Sorgfalt nötig, um gute Arbeit zu leisten.

Die Innenflächen der Silowände erhielten einen 2 cm starken Glatzstrich zum Schutz des Betons gegen den Anprall der Erzstücke, während die Kanten der Randversteifung aus dem gleichen Grunde durch mittels einbetonierter Bolzen befestigte Winkeleisen geschützt sind.

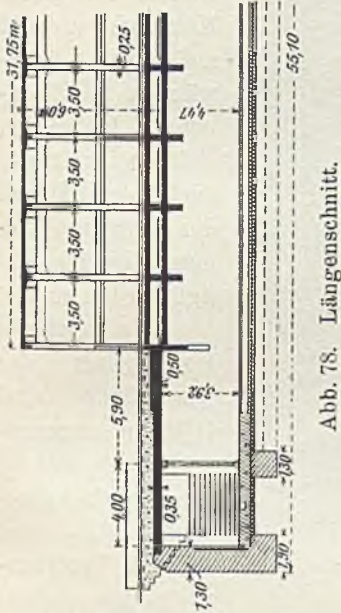


Abb. 78. Längenschnitt.

Abb. 76 bis 79. Kalksilo Düdelingen.

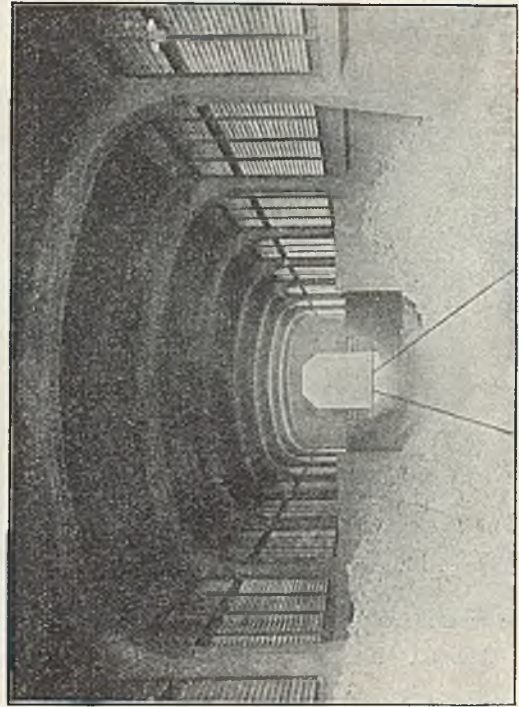


Abb. 79. Innenansicht.

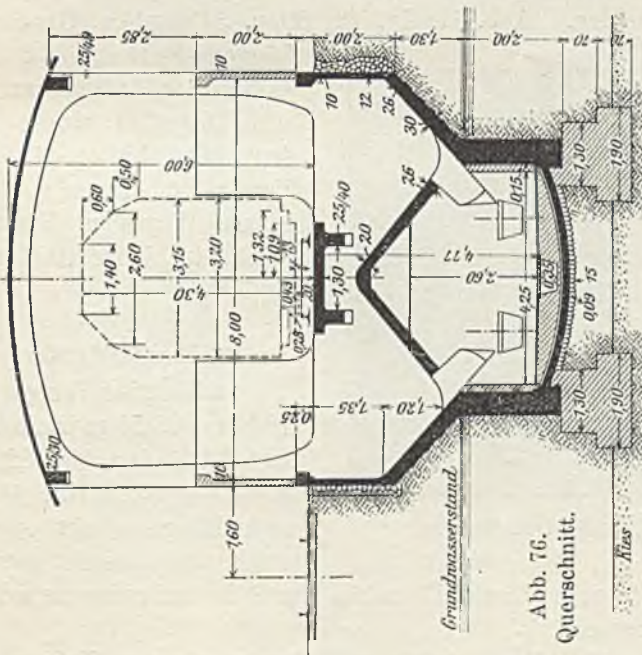


Abb. 76. Querschnitt.

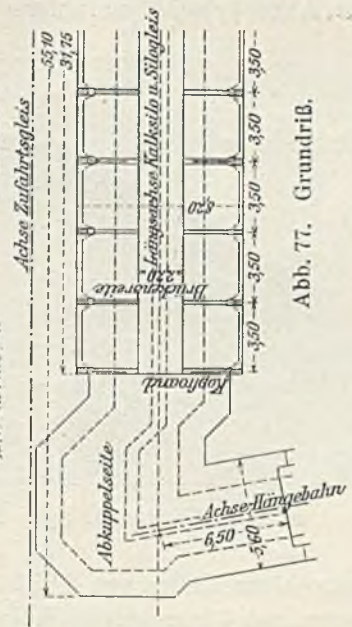


Abb. 77. Grundriß.

Der ganze Silo faßt rd. 6000 m³ Erze. Verwendung fanden rd. 200 t Rundeseisen und 1500 m³ Eisenbeton 1:4¹/₂. Die ganze Anlage wurde von Wayss u. Freytag, A.-G., in der verhältnismäßig recht kurzen Zeit von vier Monaten fertig hergestellt.

7. Kalksilo Düdelingen.

Der Silo besteht aus 9 Paar Taschen, deren Ausbildung aus Abb. 76 ersichtlich ist. Die Querwände, welche als Hauptträger zur Aufnahme der schiefen Böden und der vertikalen Längswände dienen, haben gleichzeitig die in Eisenbeton hergestellte

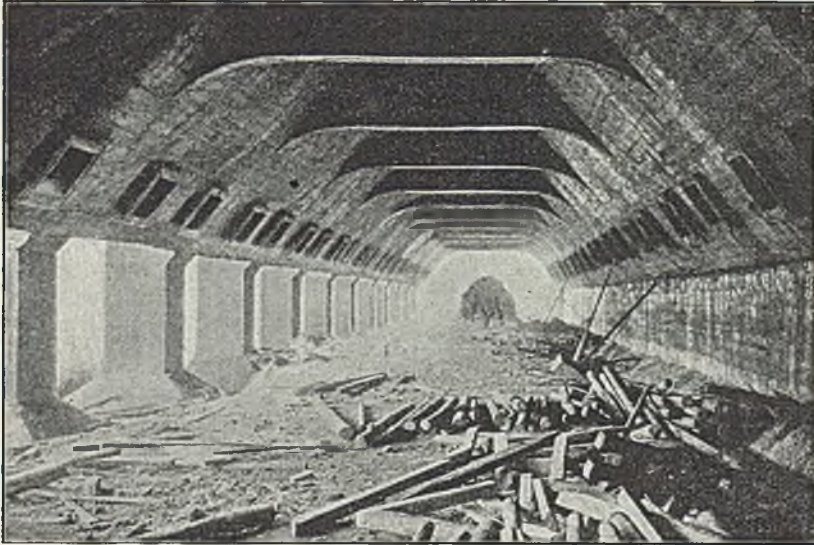


Abb. 80. Kanal unter den Behältern. Kalksilo Düdelingen.

gleisbrücke zu tragen. Die ganze Konstruktion ruht auf zwei Längswänden in Eisenbeton, bei deren Dimensionierung auch der Druck der gestützten Erdmasse berücksichtigt werden mußte.

Als vertikale Fortsetzung der Querwände sind Rahmen angeordnet, über welche die Dachdecke gespannt ist.

In Verlängerung des eigentlichen Silobaues befinden sich die Beladestationen. Es ist eine Einkuppelseite und eine Abkuppelseite zu unterscheiden. Abb. 77, 78, 79, 80 u. 81 stellen Grundriß, Längenschnitt und 3 Ansichten der Anlage dar.

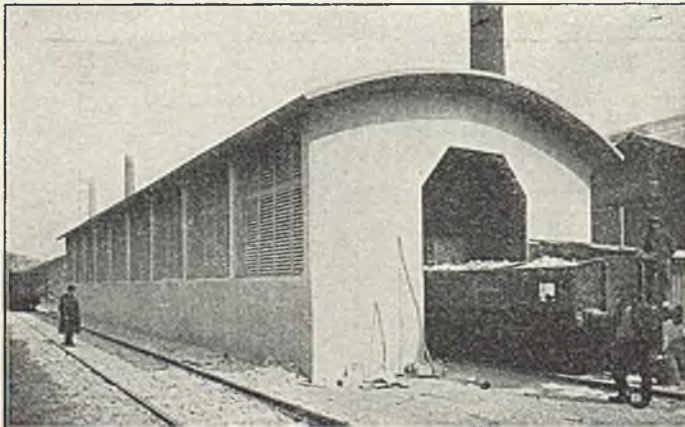


Abb. 81. Fertige Anlage. Kalksilo Düdelingen.

Der Bau wurde für den Eisenhütten-Aktien-Verein Düdelingen von der Firma Wayss u. Freytag, A.-G., im Jahre 1907 ausgeführt.

8. Erzsilo Wetzlar.

Die 125 m lange und 18 bzw. 21,50 m breite Anlage ist in den Abb. 82, 83 u. 84 in Grundriß, Quer- und Längenschnitt dargestellt. Sie besteht aus 14

rechteckigen Zellen von $8,85 \times 18$ m im Grundriß und 3,71 m Höhe und einer etwa 84 m langen und 4,5 m breiten Koksutsche.

Die zur Unterstützung der drei Hochbahngleise dienenden eisernen Träger sind auf die Querwände aufgelagert, aus welchem Grunde letztere mit Verstärkungen, wie aus dem Grundriß ersichtlich, versehen sind. Die auskragenden Konsolen sind mittels dreieckiger Rippen an die Siloböden verankert. Die Rippen haben auch als Auflager

der zwischen ihnen gespannt, durch den Erzdruk auf Biegung beanspruchten Wand sowie als Fortsetzung der Bodenträger zu dienen.

Silobahn-Amanda

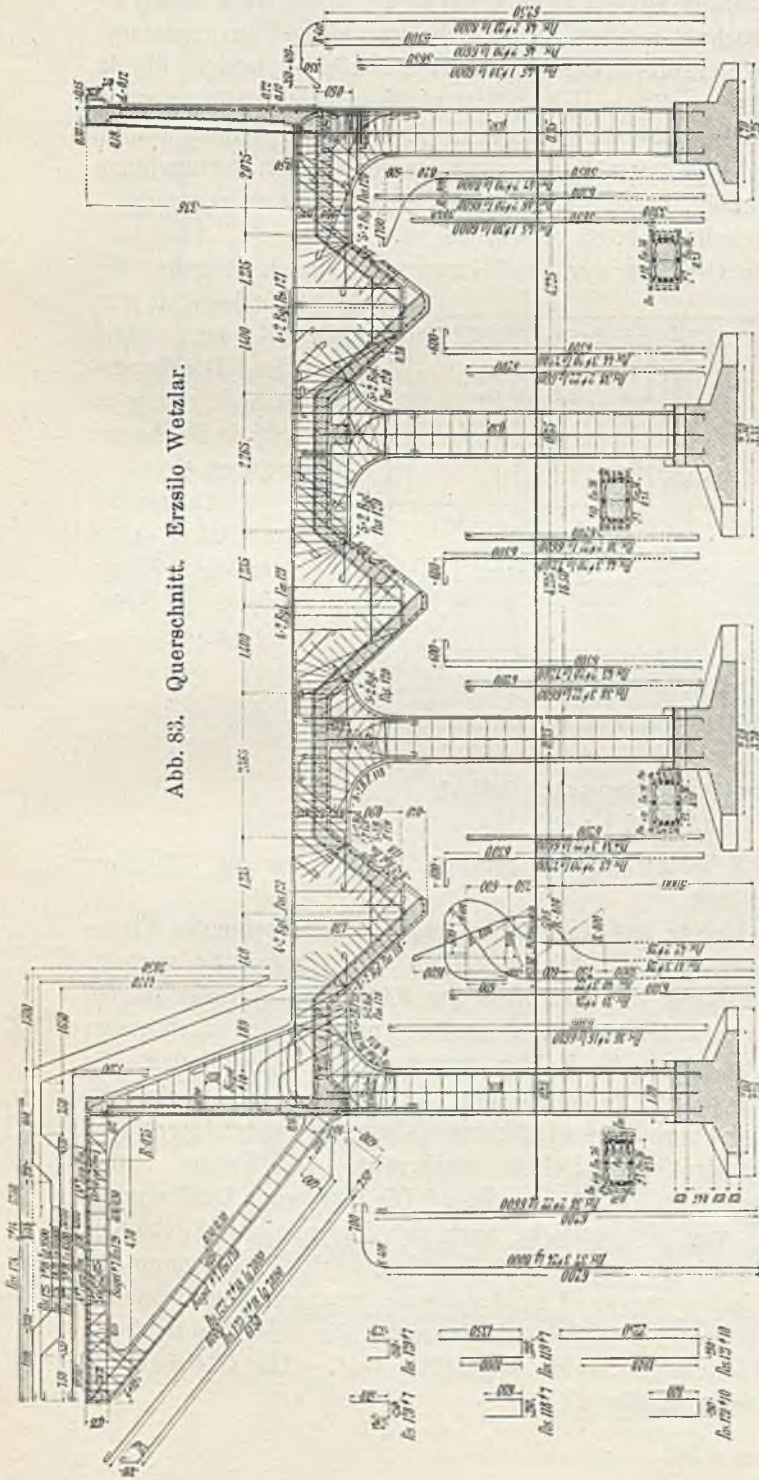


Abb. 81. Querschnitt, Ersilo Wetzlar.

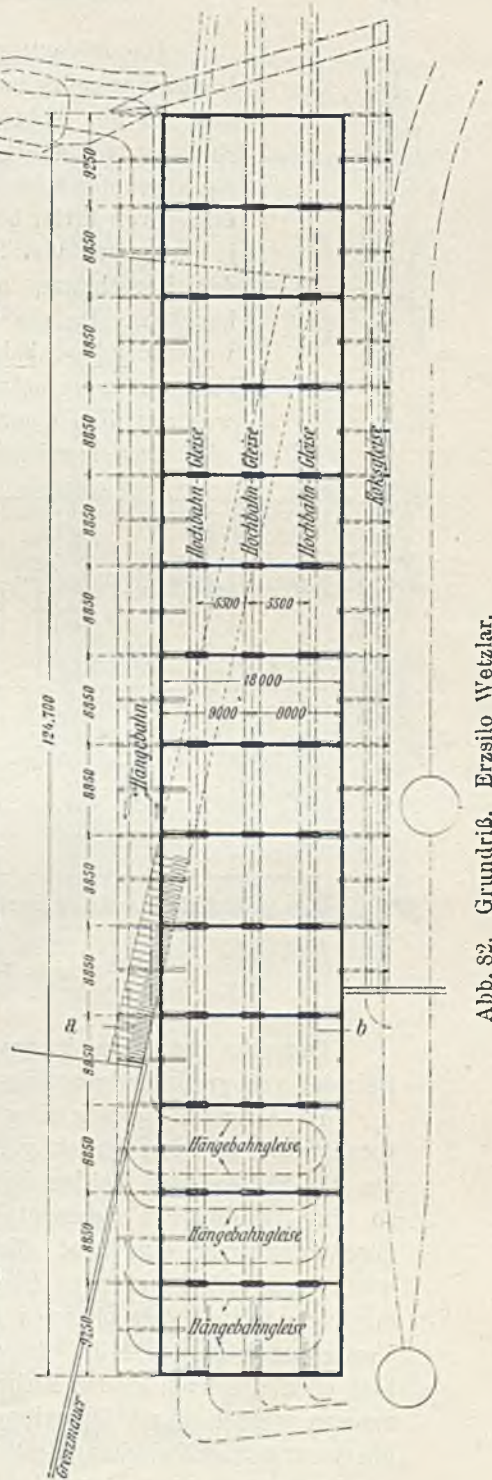


Abb. 82. Grundriß, Ersilo Wetzlar.

Das Dach ist in Eisenkonstruktion ausgeführt, und die Fachwerkbinder sind durch Säulen auf die Längswände abgestützt.

Die Bodenträger mußten wegen des unter den Böden notwendigen Lichtraumprofils in den inneren Raum hineinragend ausgebildet werden, und um ein Abbröckeln beim Abstürzen der Erzmassen zu vermeiden, sind deren Kanten durch Abrundungen ersetzt. Die Bodenträger sind als kontinuierliche Balken auf elastisch drehbaren Stützen nach dem Verfahren von Ritter berechnet worden. Die Fundierung besteht aus einzelnen, je unter den vier Säulenreihen durchgehenden Eisenbetonplatten, die in der Berechnung als kontinuierliche Plattenbalken betrachtet werden konnten. Da die unter die Querwände zu stehen kommenden Säulen wegen der Eisenbahnbelastung höhere Lasten als die übrigen aufzunehmen haben, war es notwendig, deren Fundamente entsprechend zu verbreitern, was aus dem Querschnitt Abb. 83 ersichtlich ist.

Das spezifische Gewicht der Erzfüllung wurde nach Angabe des

Werkes mit $\gamma = 1750 \text{ kg/m}^3$ und der Böschungswinkel mit $\varphi = 40^\circ$ in Rechnung gesetzt.

Ausgeführt im Jahre 1908 von der Firma Wayss u. Freytag, A.-G.

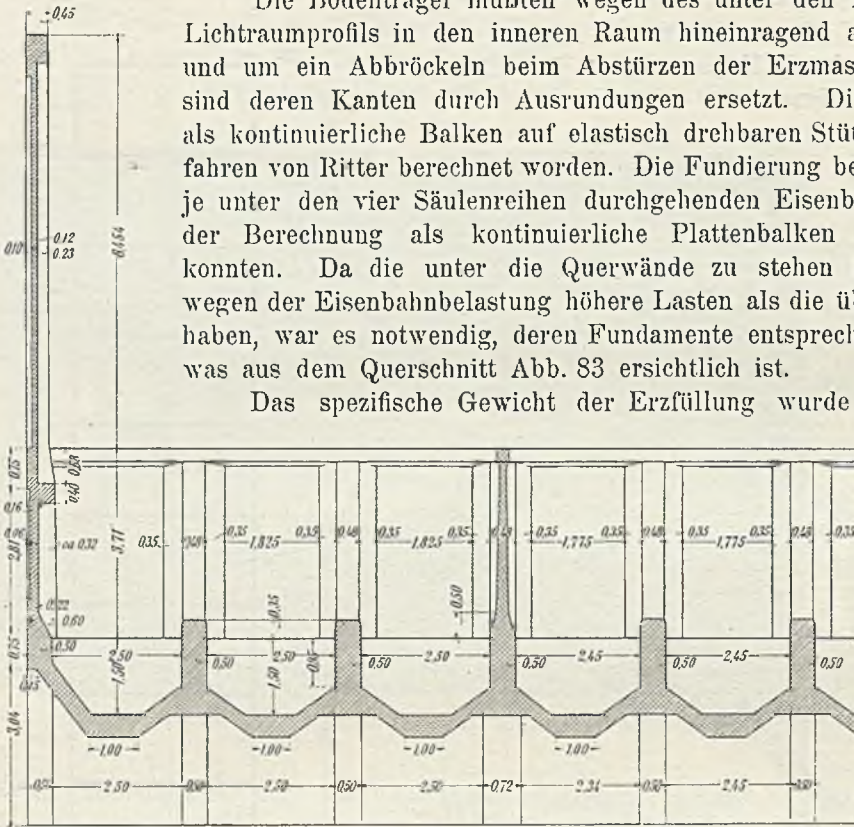


Abb. 84. Längenschnitt. Erzsilos Wetzlar.

9. Erzsilos der Burbacher Hütte.¹⁾

(Abb. 85 bis 88.)

Derselbe ist ohne innere Scheidewände ausgeführt, bildet also ein typisches Beispiel von großräumigen Silos.

Die Gründung dieses Silos erfolgte auf einer 70 cm starken durchgehenden Eisenbetonplatte, die den Druck gleichmäßig mit $1,5 \text{ kg/cm}^2$ auf den Untergrund verteilt. Da die Säulen nach beiden Richtungen in Abständen von 3,33 m aufeinander folgen, so sind in dieser Fundamentplatte unter den Säulenreihen nach beiden Richtungen Eisenbetonträger eingebaut, die quadratische Felder zwischen sich einschließen, die wieder mit sich kreuzenden Eiseneinlagen versehen sind. Im Boden des Silos sind die 60/60 cm weiten, mit eisernen Schiebern verschließbaren Öffnungen in trichterartigen Vertiefungen in der Mitte der quadratischen Felder angebracht. Die Träger laufen hier ebenfalls nach beiden Richtungen in die Säulenreihen. Die 6 m hohen Umfassungsmauern werden durch Querrippen von 25 cm Dicke nach den Trägern des Silobodens hin verankert. Zwischen diese ist die Außenwand als kontinuierliche Eisenbetonplatte gespannt. Der obere Rand der Umfassungswand ist durch eine besondere Verstärkungsrippe versteift. Auf den Silo führen drei Gleisbrücken herein, die alle 6,66 m durch 25 cm starke Stützwände auf die unteren Säulen abgestützt sind. Die Gleisbrücken sind ebenfalls kontinuierliche Eisenbetonträger.

¹⁾ Vergl. Mörsch, „Der Eisenbetonbau“. 4. Aufl.

In Abständen von 26,4 m sind durchgehende Dehnungsfugen in Boden und Wänden angeordnet. Alle nach innen vortretenden Kanten der Rippen, Stützwände und Säulen

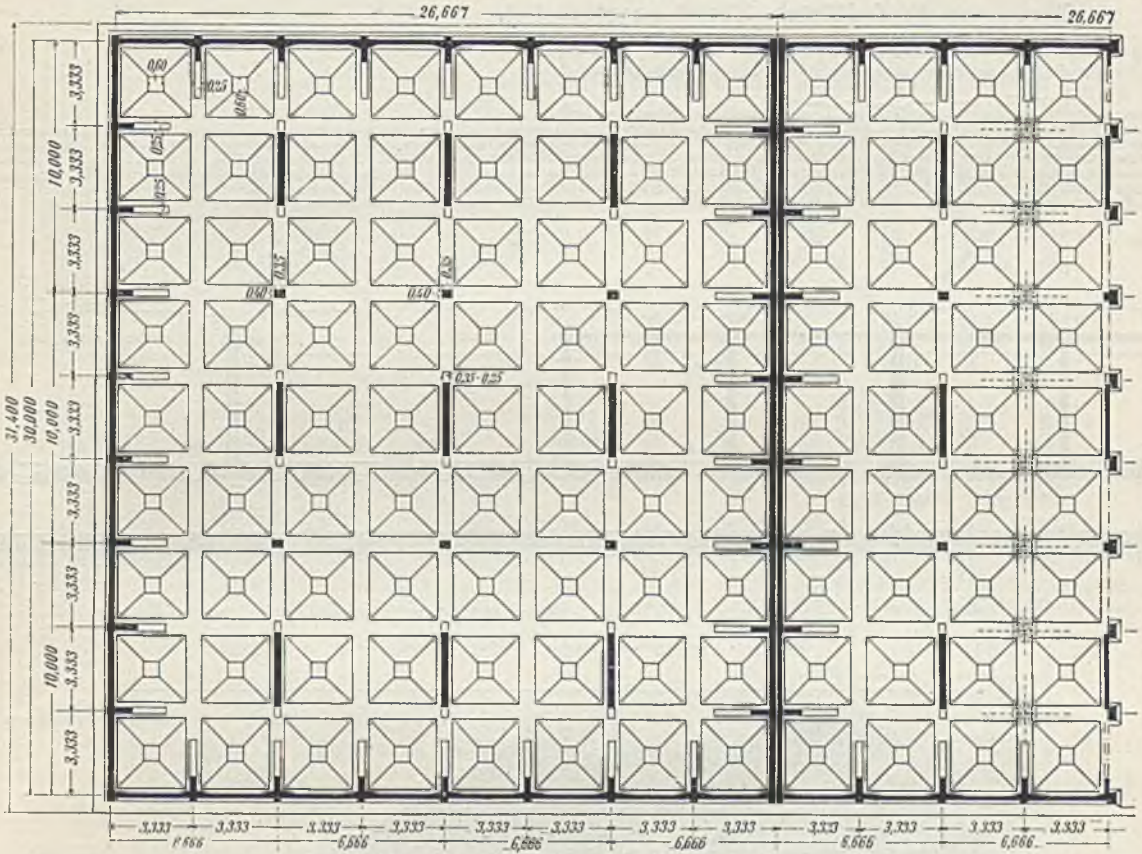


Abb. 85. Grundriß. Erzsilo Burbach.

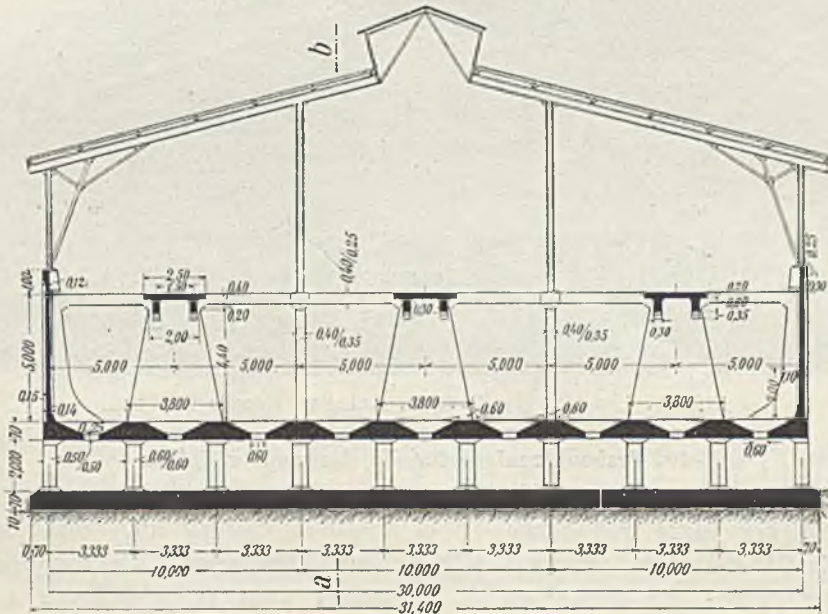


Abb. 86. Querschnitt. Erzsilo Burbach.

sind gegen Beschädigung mittels \square - und \perp -Eisen geschützt. Der Entwurf wurde im Auftrage der Firma Wayss u. Freytag, A.-G., die im Jahre 1907/08 das Bauwerk ausführte, von Prof. Mörsch, Zürich ausgearbeitet.

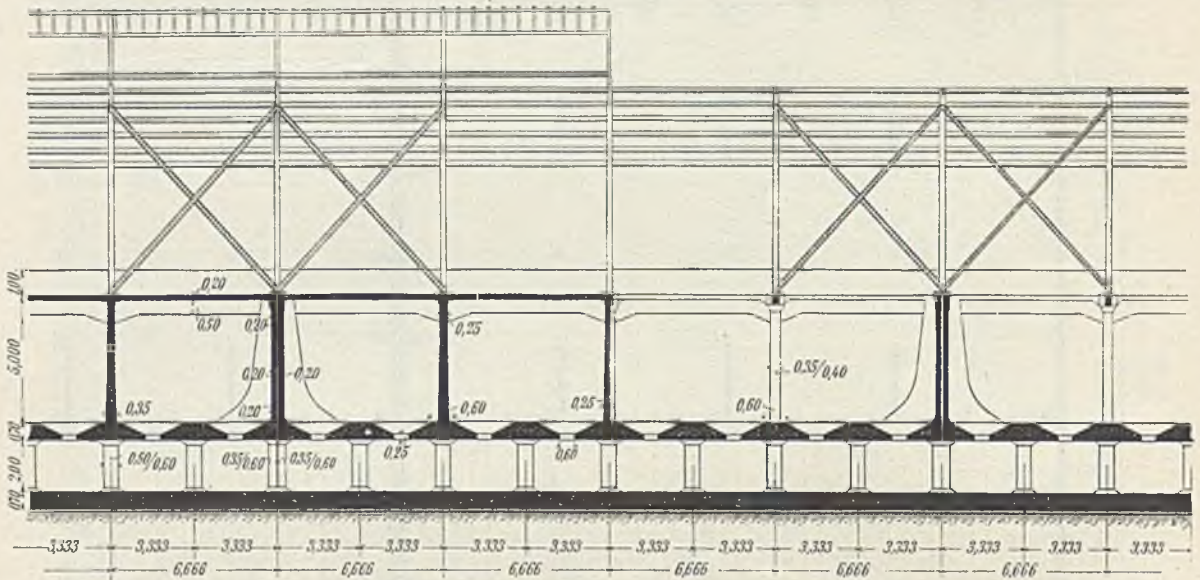


Abb. 87. Längenschnitt. Erzsilobauwerk.

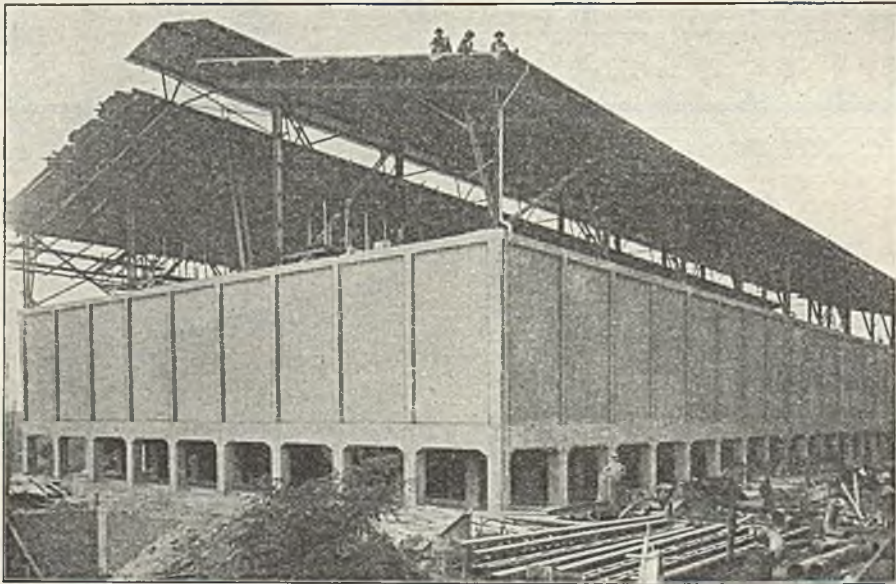


Abb. 88. Ansicht der fertigen Anlage. Erzsilobauwerk.

10. Erzbunkeranlage für die Dortmunder Union.

Die Anlage besteht aus 18 Abteilungen zu 8 m Breite, die symmetrisch in bezug auf eine in der Mitte befindliche 12 m breite Abteilung angeordnet sind. Die Abb. 89 bis 91 stellen in Grundriß, Quer- und Längenschnitt die von dem Spezialgeschäft für Beton- und Monierbau in Dortmund ganz in Eisenbeton ausgeführte Anlage dar.

11. Erzfaschenanlage in Hattigen (Abb. 92 u. 93).

Wie aus der allgemeinen Ansicht hervorgeht, werden die mit den Erzen beladenen Wagen über die Erzfaschen geföhrt und mit Hilfe der beweglichen Wagenböden in die Taschen entleert. Die Entnahme der Erze wird durch eine Seilbahn bewirkt. Die Wagen derselben streichen in dem unter den Taschen befindlichen Tunnel entlang und entnehmen an den einzelnen Zapfstellen das Erz und föhren dies selbsttätig der Hochofengicht zu.

Die Erzfaschenanlage umfaßt eine Grundfläche von 6200 m², hat eine Höhe von 13 m und besteht aus 12 Taschen von je 38 m Tiefe und 12 m Breite. Eine Tasche faßt etwa 3580 m³ Erz.

Die zehn mittleren Taschen dienen zur Aufnahme von Erzen, während die offenen vier Seitentaschen zur Aufnahme von Kalkstein verwendet werden.

Um eine Trennung der verschiedenartigen Erze zu erzielen, sind in den Erzfaschen einige Gurtwände angeordnet.

Ausführung: Allgemeine Hochbau-Ges. m. b. H., Düsseldorf.

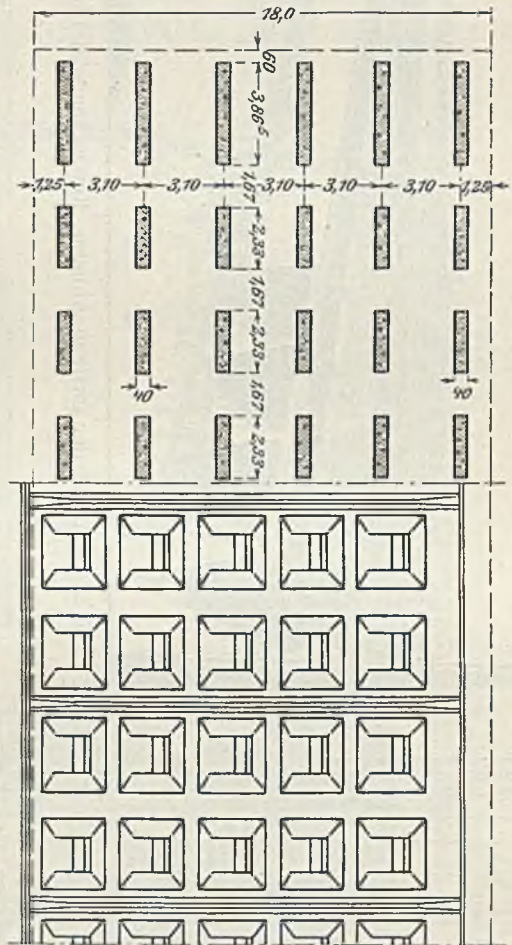


Abb. 89. Grundriß.

12. Erzfaschen der Gelsenkirchener Bergwerks-Aktien-Gesellschaft, Esch a. d. Alzette

(Abb. 94 u. 95).

Die Anlage besteht aus fünf Hauptgruppen mit zusammen 30 Unterabteilungen. Der Fassungsraum der Taschenanlage beträgt 56 000 t. Zur Aufstapelung kommen lothringische Erze, die aus den nahegelegenen Bergwerken in Kippwagen der Taschenanlage zugeföhrt und von Absturzbrücken aus in den Bunker gekippt werden. Jede

Erzbunkeranlage für die Dortmunder Union.

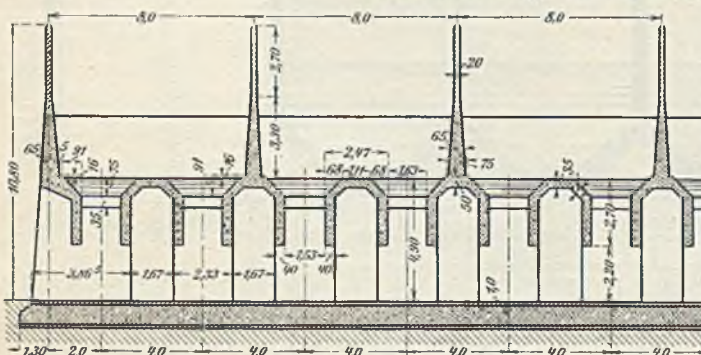


Abb. 91. Längenschnitt.

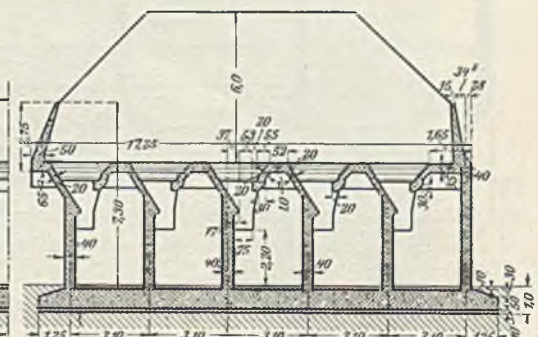


Abb. 90. Querschnitt.

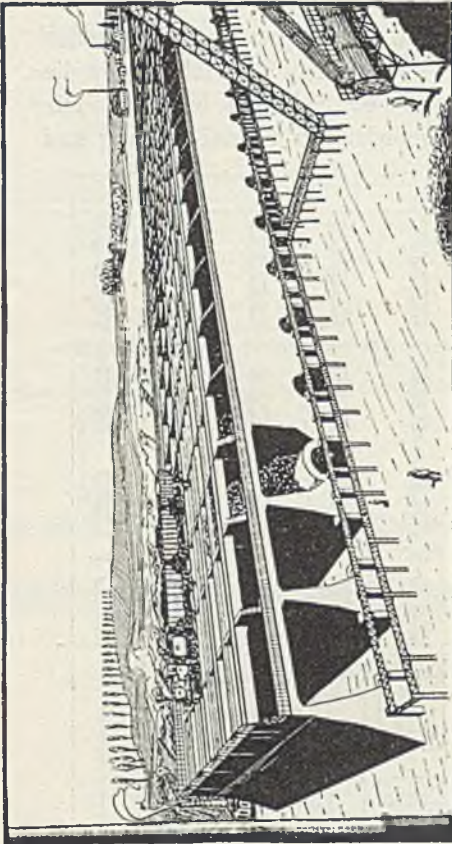


Abb. 92. Ansicht der fertigen Anlage. Erztaschenanlage in Hattingen.

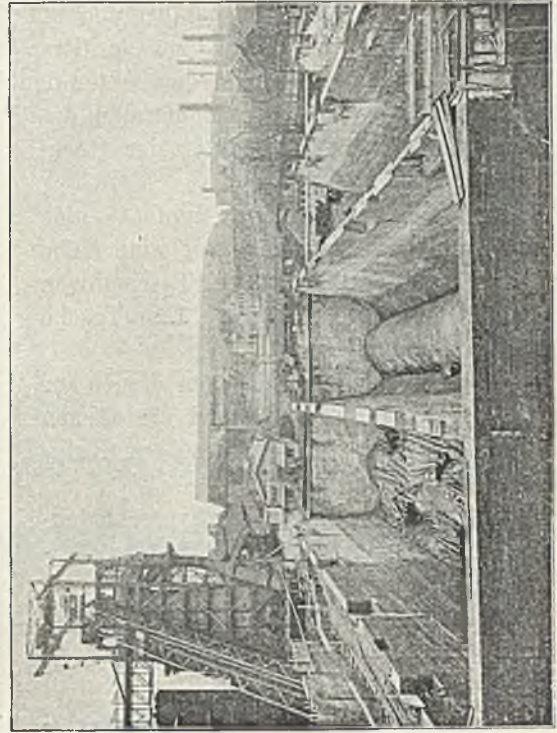


Abb. 93. Ansicht während der Ausführung. Erztaschenanlage in Hattingen.

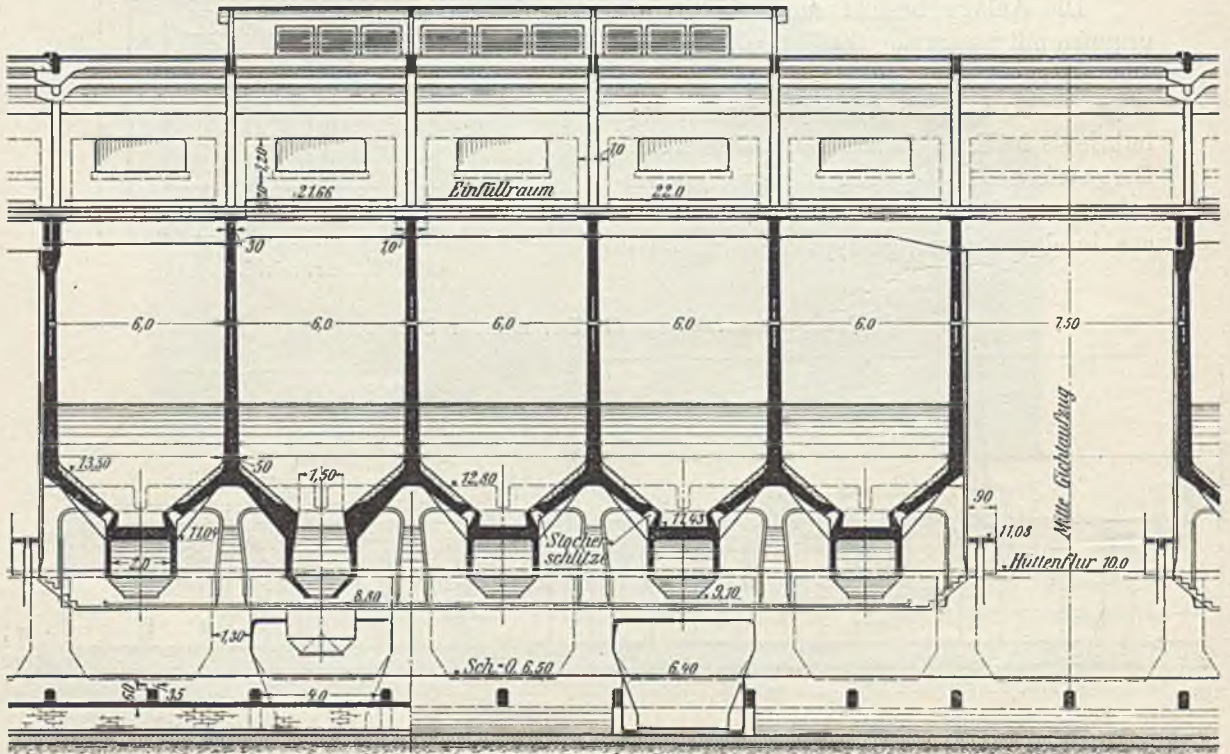


Abb. 94. Erztaschenanlage in Esch.

der 30 Taschen besitzt zwei Auslauföffnungen, die jede mit einem Klappenverschluß, System Züblin, bestehend aus fünf Klappen, verschlossen wird. Die Bedienung der Verschlüsse geschieht durch fahrbare Windwerke. Die Verschlüsse dienen ausschließlich zum Füllen von zylindrischen Gichtkübeln, welche auf Zubringern den Auslauföffnungen zugeführt werden. Die Kübel werden nach dem Füllen abgewogen und tariert und mit Schrägaufzügen den Hochöfen zugeführt.

Die Anlage ist ganz in Eisenbeton von der Firma Züblin u. Cie., Straßburg i. E. gebaut worden.

13. Kohlensilo in Eisenbeton für die Gustavsgrube, Rothenbach.

Die im Winter 1903/04 von der Bauunternehmung Gebrüder Huber in Breslau errichtete Siloanlage, welche eine Fassungskraft von 1000 m³ aufweist und in Abb. 96 in ihrer Gesamtansicht dargestellt ist, be-

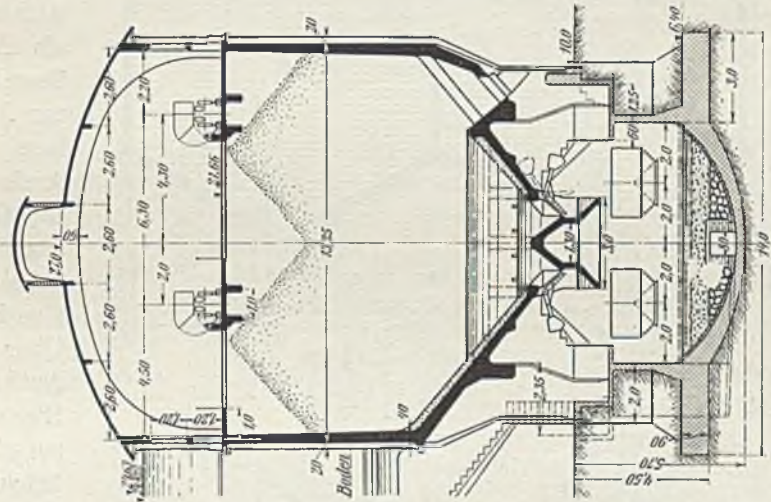


Abb. 95 a.

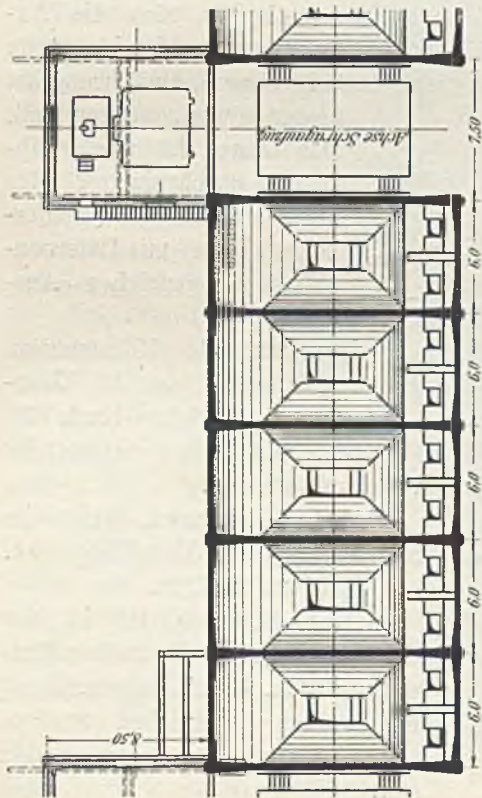


Abb. 95 b.

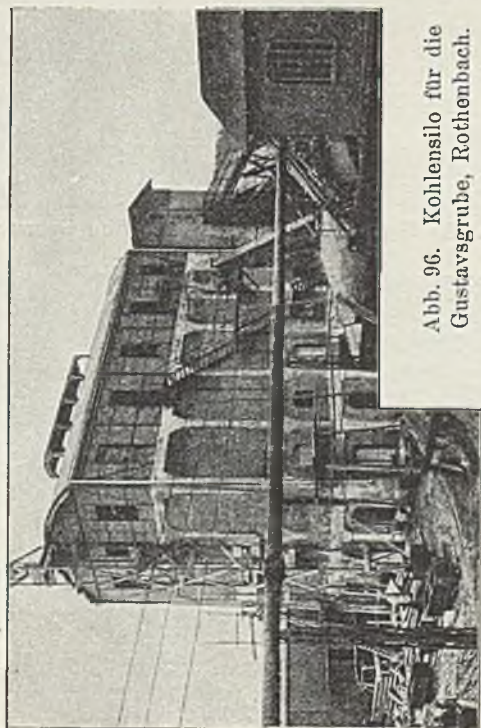


Abb. 96. Kohlensilo für die Gustavsgrube, Rothenbach.

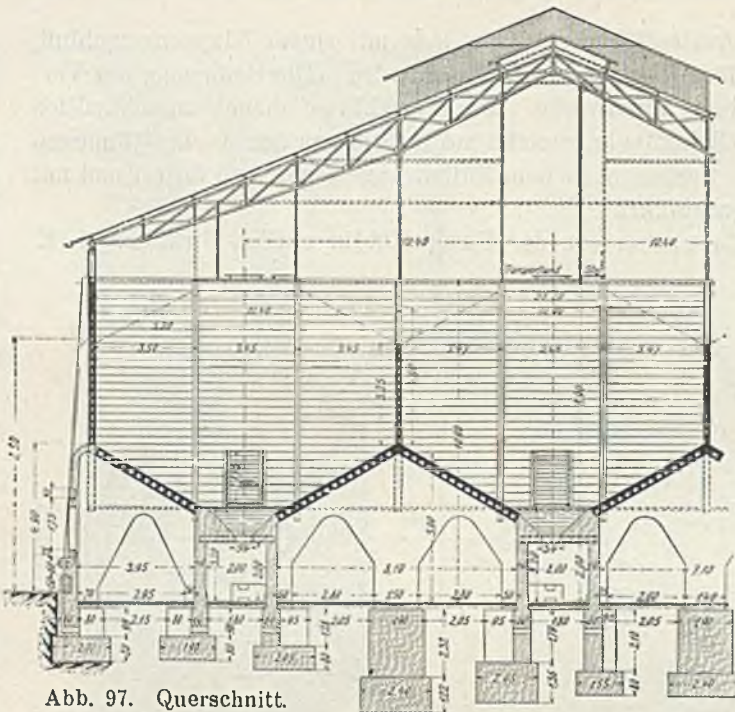


Abb. 97. Querschnitt.

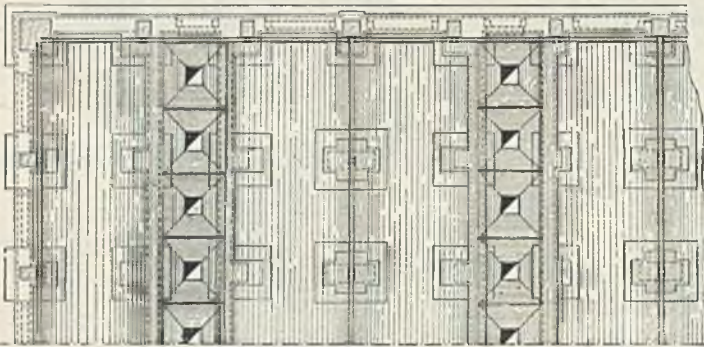
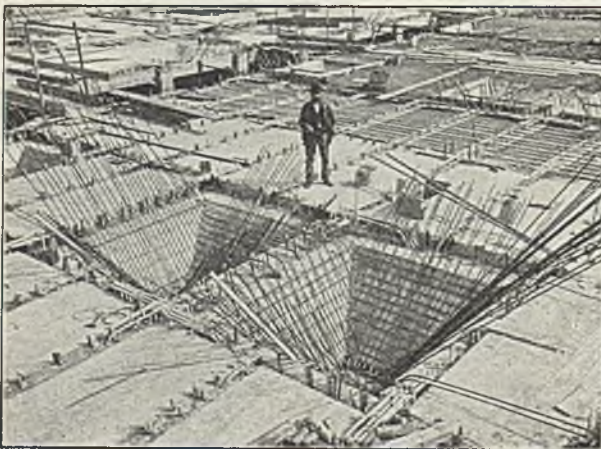


Abb. 98. Grundriß. Kohlenmagazin im Gaswerk der Stadt Bern.

Abb. 101. Herstellung der Auslauftrichter.
Kohlsilo für das Gaswerk Fürth i. B.

steht aus fünf Einzelkammern, die in der Querrichtung des Gebäudes dessen ganze Lichtweite einnehmen und mit je sechs Ausläufen ausgestattet sind. Die ganze Anlage ist dreigeschossig. Der untere, im Lichten 3,95 m hohe Raum dient als Aufenthaltsraum; darüber liegt die Kohlenbühne zur Aufnahme der Gleisanlage, die bis Unterkante Auslauftrichter noch eine Lichthöhe von 1,90 m besitzt. Die Silos selbst haben ohne den schrägen Boden eine Höhe von 6 m erhalten. Über denselben liegt ein Aufbau, in welchem ein Elevator und sonstige Transporteinrichtungen untergebracht sind. Dieser Aufbau ist in Eisenfachwerk hergestellt, da sich die Anbringung der Maschinenteile bei dieser Ausführungsart besser bewerkstelligen ließ. Das Ganze ist wieder abgedeckt durch ein gewölbtes Dach in Eisenbeton (Monierkonstruktion) mit Laternenaufsatz in gleicher Ausführungsweise.

Die tragende Konstruktion des Silos besteht aus 24 Eisenbetonpfeilern, welche durch die Fußböden und Decken miteinander verspannt werden.

Außen gemessen weist die Siloanlage eine Grundfläche auf von 10,72 zu 20,62 m.

Das Bauwerk ist in der Zementbeilage der Deutschen Bauzeitung 1905, Nr. 2, eingehend mit Einzelheiten beschrieben worden, worauf hiermit verwiesen werden soll.

14. Kohlenmagazin im Gaswerk der Stadt Bern.

Abb. 97 u. 98 zeigen Querschnitt und Grundriß der Anlage, deren besonderes Merkmal darin besteht, daß die Seitenwandungen und Trichterböden in Siegwartbalken ausgeführt sind.

15. Einjgkohlensilos.

Kohlensilo für das Gaswerk Fürth i. B. Die Kohle lagert hier (Abb. 99) in einer Höhe bis zu 9 m auf ebenen Böden, die durch breite Auslauftrichter unterbrochen werden. Durch diese Anordnung hat man sich die Möglichkeit vorbehalten, erforderlichenfalls auch seitwärts durch Türen an die Lager heranzukommen und dort Kohle zu entnehmen. Abb. 100 zeigt eine Gesamtansicht während der Bauausführung. In Abb. 101 sieht man einige der Trichterausläufe, durch welche die Kohle in die Transportrinnen gelangt.

Kohlensilo für das Gaswerk Zürich-Schlieren. Abb. 100 veranschaulicht ein anderes Kohlenlagerhaus, das für das Gaswerk Zürich-Schlieren in neuester Zeit ausgeführt wurde. Die Böden der Lagerräume sind dort in der ganzen

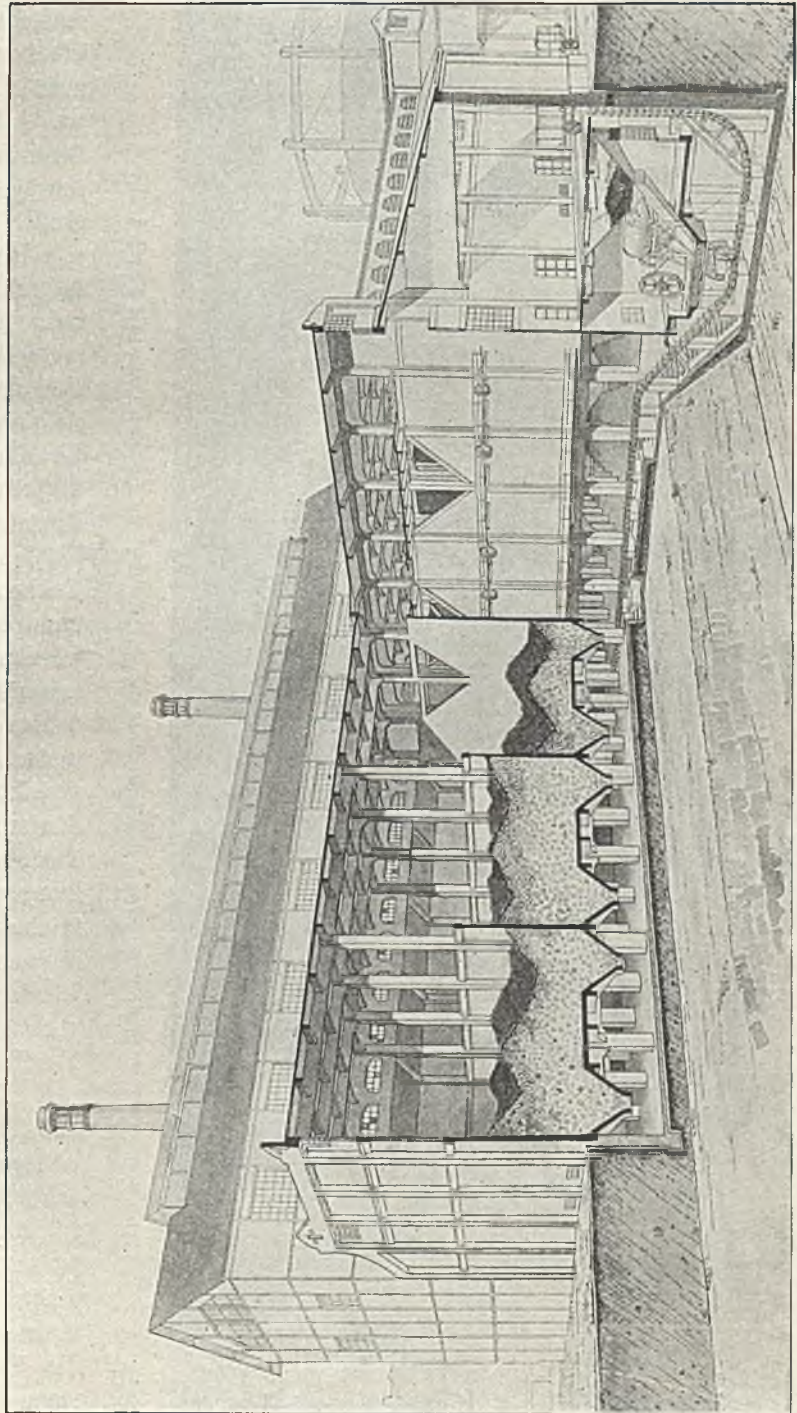


Abb. 99. Kohlensilo für das Gaswerk Fürth i. B.

Breite schräg gelegt, so daß die Kohle infolge ihres Eigengewichts durchweg ganz von selbst nach den Transportrinnen ausläuft. Unter zweien solcher Böden der benachbarten Lagerräume entstehen dann die aus Abb. 103 ersichtlichen Nebenräume, die von außen erhellt werden und für Magazinräume und dergleichen Verwendung finden sollen. Abb. 104 zeigt eine Ansicht während der Bauausführung. Bei Abb. 105 blickt man in das Innere eines Silos, wo Arbeiter mit dem Einlegen der Eisen für die schrägen Böden beschäftigt sind.

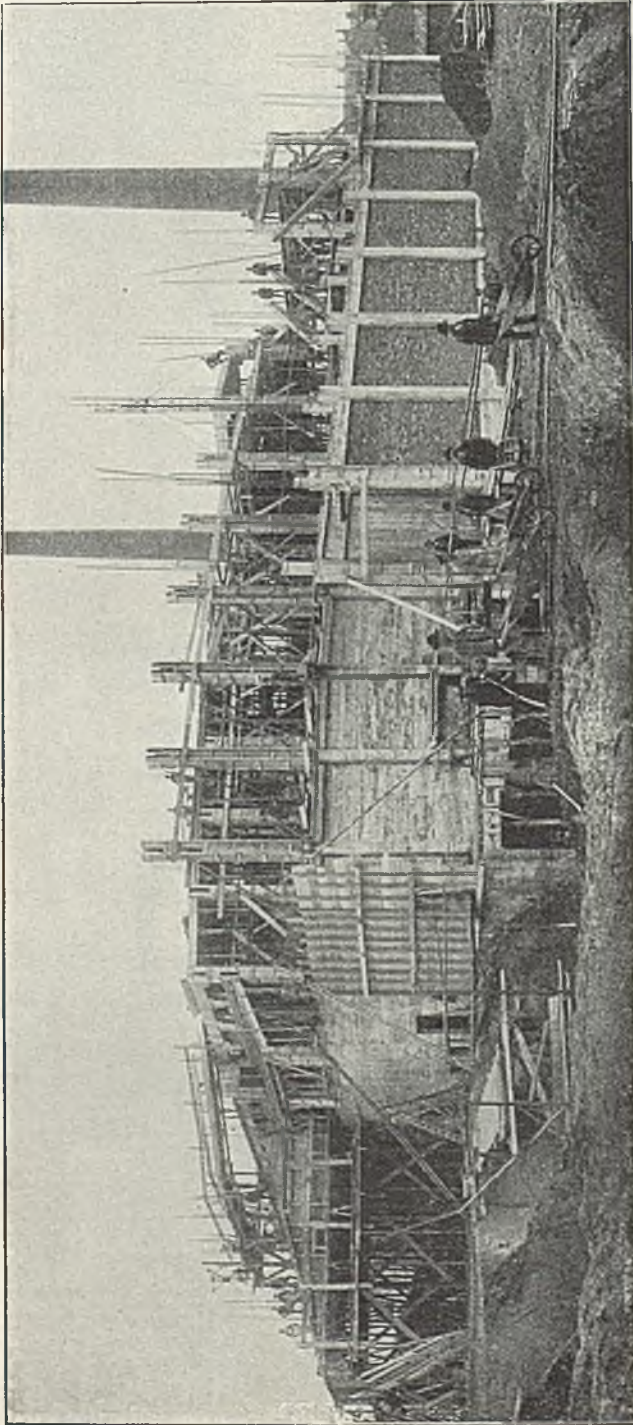


Abb. 100. Gesamtansicht während der Bauausführung. Kohlsilo für das Gaswerk Fürth i. B.

Bei beiden vorerwähnten Lagerhäusern ist ausschließlich Eisenbeton als Baumaterial verwandt worden. Bei der Anlage in Zürich-Schlieren sind außerdem die Überdachung des Bahnwagenkippers (Abb. 108) an der vorderen Giebelseite des Kohlenlagerhauses sowie die Decken zwischen dem Kohlen- und dem dahinterliegenden Ofenhaus aus demselben Baumaterial hergestellt. Bei beiden Bauten ist in architektonischer Beziehung durch zweckmäßige Einteilung der Säulenfelder und Fensterflächen ein einfaches wirkungsvolles Außenbild erreicht worden. Die mechanischen Fördereinrichtungen wurden bei beiden Anlagen von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau A.-G. geliefert.

Kohlenbunker für 120 t. In modernen Kesselbetrieben, wo jetzt fast ausschließlich selbsttätige Beschickung angewandt wird, ist man schon lange bemüht, einen Kohlenvorrat für mehrere Tage in Bunkern, die über dem Beschickungsraum der Kessel liegen, unterzubringen, um von dort aus

jederzeit ohne weitere Zwischentransportmittel die Feuerungen beschicken zu können. Diese Bunker wurden fast durchweg aus Eisen hergestellt und waren daher in der Anlage, selbst bei kleinem Fassungsvermögen, ziemlich teuer. Bei der Verwendung von Eisenbeton ist es nun möglich, derartige Bunker ohne erhebliche Kosten für einen Bedarf an Kohle für eine bis zwei Wochen herzustellen und so in vielen Betrieben den ganzen Kohlenvorrat, den man zu halten gezwungen ist, oben vor den Kesseln aufzuspeichern. Hierdurch wird die Förderung der Kohle sehr einfach, indem sie nur noch von der Anfuhrstelle in die Bunker zu transportieren ist. Ganz besonders wird diese Anordnung bei beschränkten Platzverhältnissen von Vorteil sein. Abb. 106 zeigt eine solche Bunkeranlage in Eisenbeton für die F. C. Bayerleinsche Spinnerei in Bayreuth. Die mechanischen Einrichtungen wurden hier von der Firma J. A. Topf u. Söhne, Erfurt geliefert.

Eine weitere interessante Anwendung des Eisenbetons zeigt Abb. 107, welche die neuerbaute Kohlenwäsche für die Königl. Grube Peißenberg in Oberbayern darstellt. Es sind dort sämtliche Behälter für die verschiedenen Kohlenarten, ferner die Schlammbehälter sowie die Säulen- und Deckenkonstruktion in einheitlicher Weise in Eisenbeton durch uns ausgeführt worden. Abb. 108 gibt eine Ansicht dieser Anlage während des Baues wieder. Die maschinelle Einrichtung dieser Kohlenwäsche wurde von der Maschinenbau-

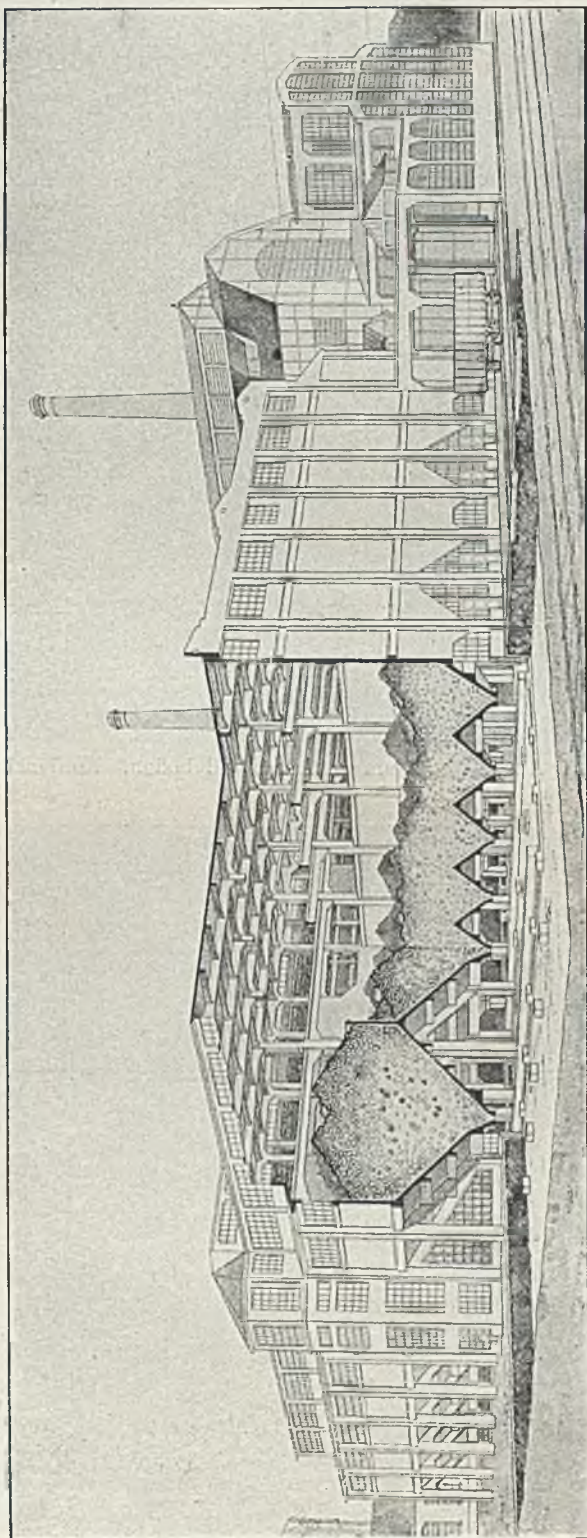


Abb. 102. Kohlensilo für 18 000 t im Gaswerk Zürich-Schlieren.



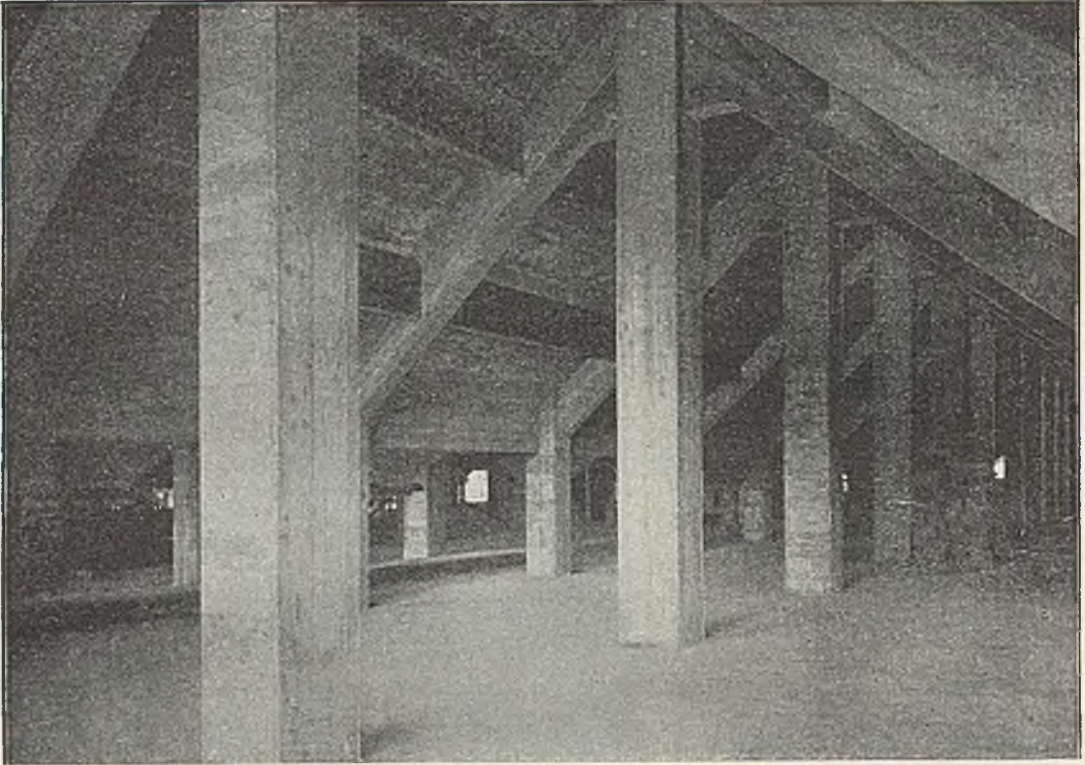


Abb. 103. Raum unter den Siloböden. Kohlensilo im Gaswerk Zürich-Schlieren.

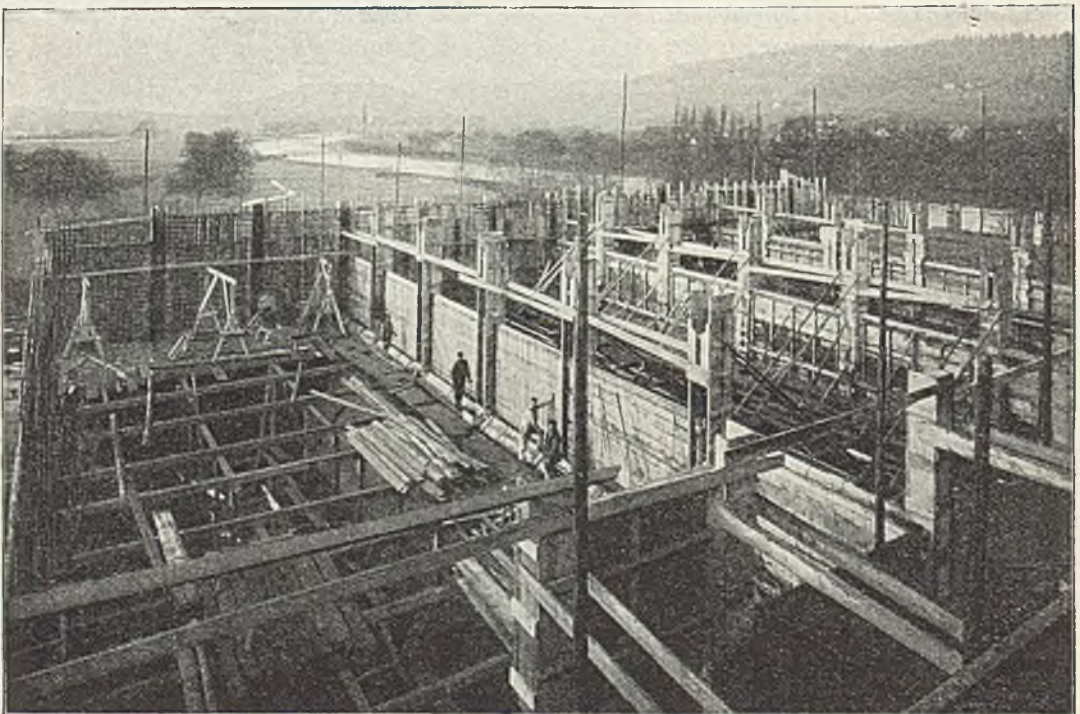


Abb. 104. Ansicht während des Baues. Kohlensilo im Gaswerk Zürich-Schlieren.

anstalt Humboldt, Kalk bei Köln geliefert. Die letzten vier Ausführungen stammen von der Firma Gebr. Rank, München.

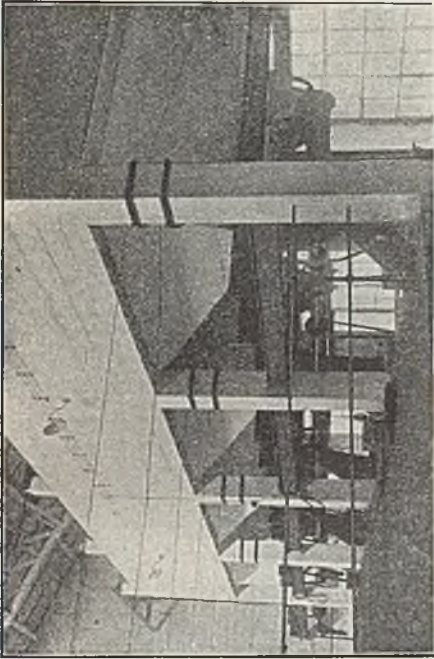


Abb. 106. Kohlenbunker für 120 t im Kesselhaus der F. C. Bayerleinschen Spinnerei, Bayreuth.

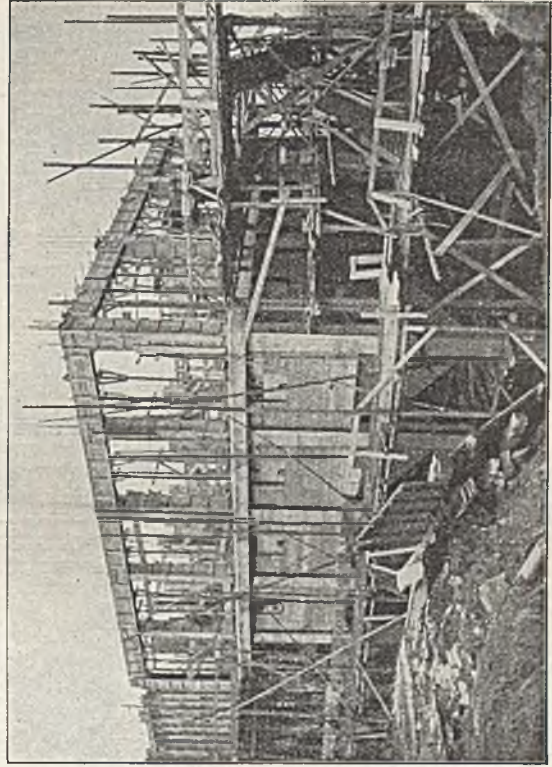


Abb. 108. Ansicht während des Baues. Kohlenwäsche für die Königl. Grube Peißenberg.

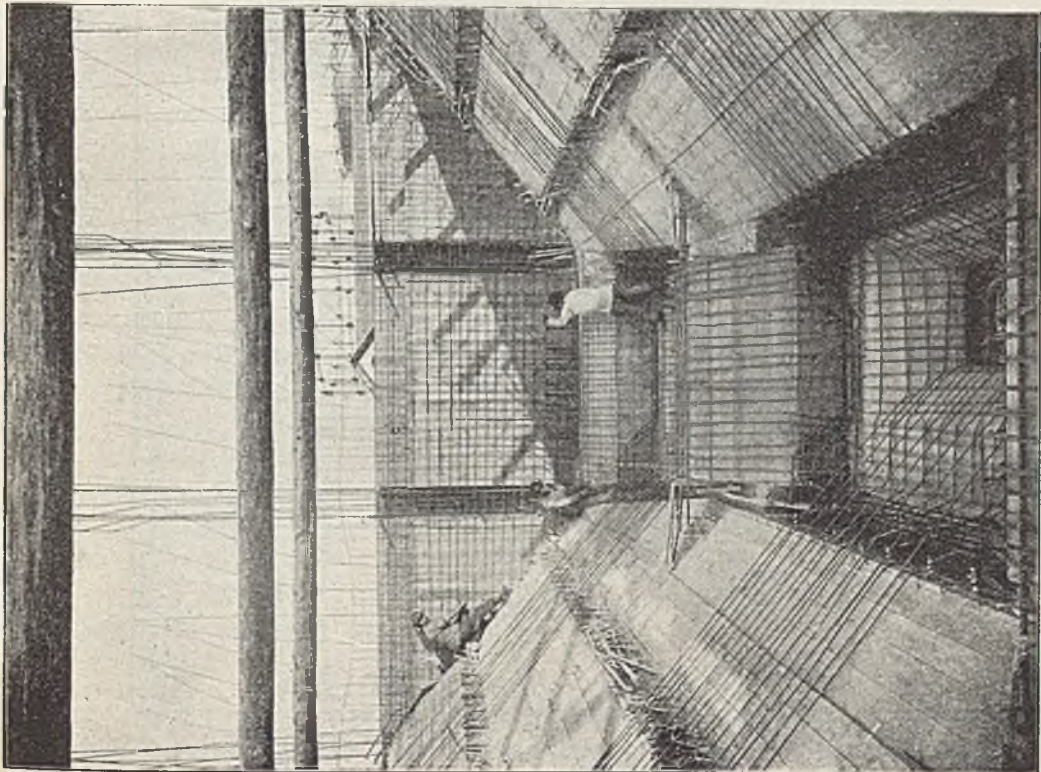


Abb. 105. Schalung und Eiseneinlagen einer Silokammer. Kohlensilo im Gaswerk Zürich-Schlieren.

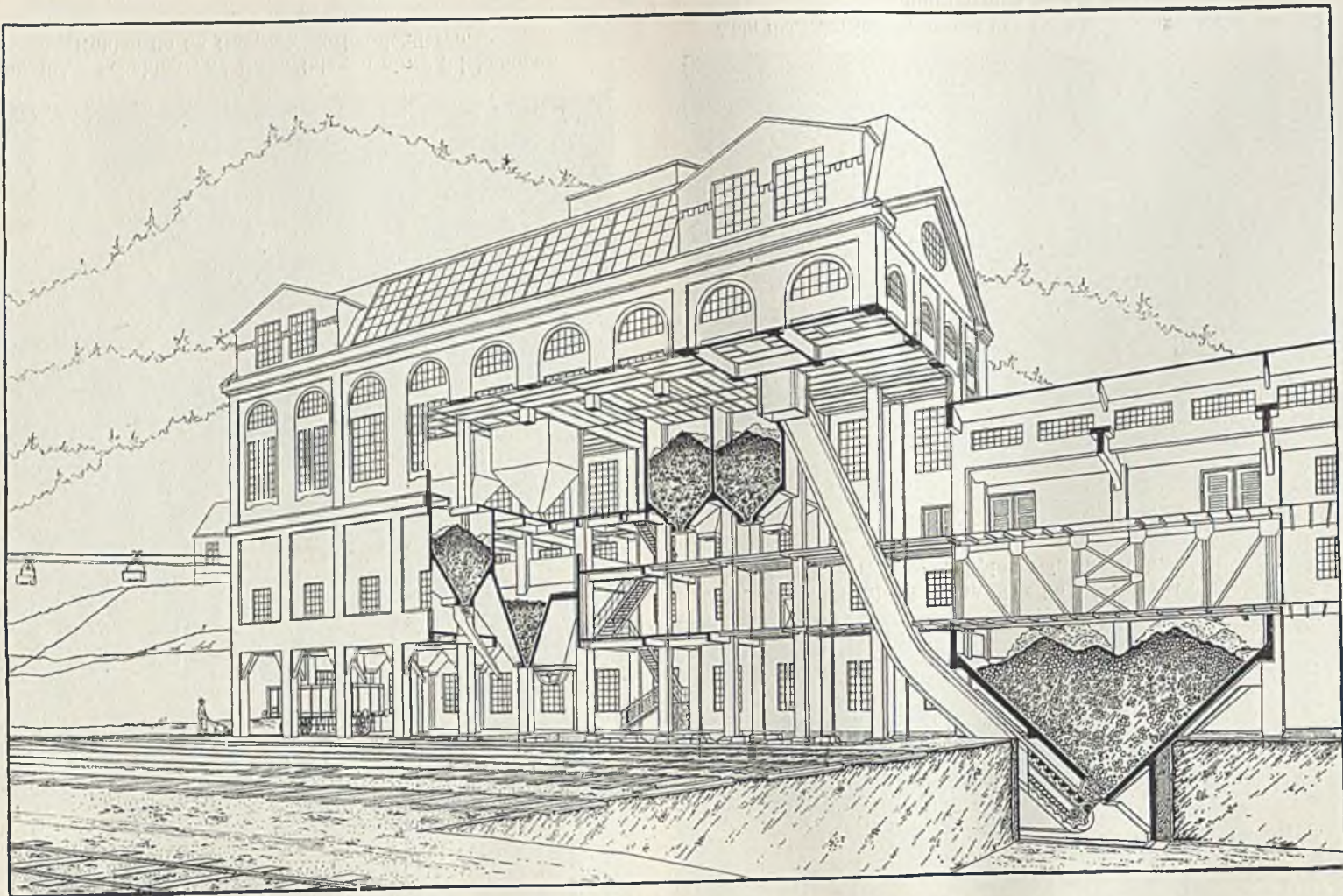


Abb. 107. Kohlenwäsche für die Königl. Grube Peißenberg in Oberbayern.

16. Kohlensilo für Kalkwerk Wilmersdorf.

Die aus den Abb. 109 u. 110 ersichtliche Anlage stellt ein typisches Beispiel eines großräumigen Silos dar.

Die durch Stampfbetonwände bzw. -säulen abgestützten Böden sind z. T. bogenförmig ausgebildet. Die Seitenwände sind mit Verstärkungsrippen versehen, die sich in einem versteifenden Querträger fortsetzen. Den Versuch, die hängenden Taschen als nur zentrisch beanspruchte Konstruktionen, also nach der Seilpolygonform auszuführen, mußte man aus Betriebsrücksichten fallen lassen.

Der Inhalt der Anlage beträgt $7900 \text{ m}^3 = 6600 \text{ t}$ Kohle.

Ausführung: Wayss u. Freytag, A.-G., Berlin.

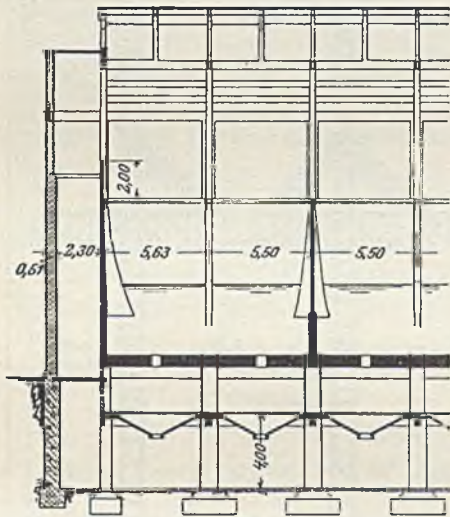


Abb. 109.

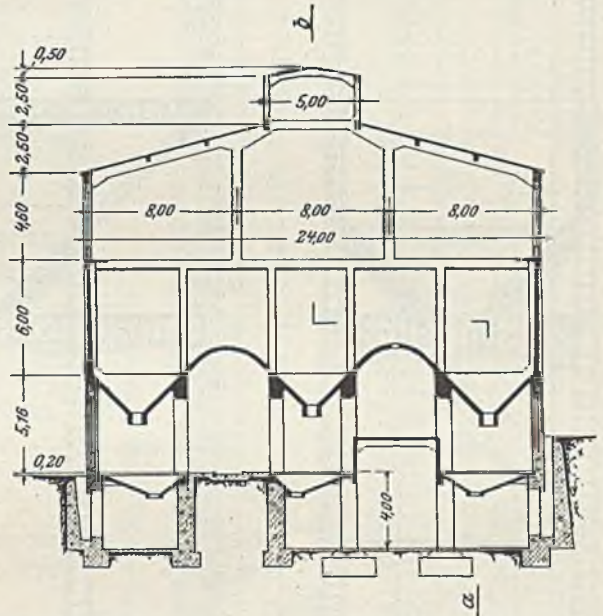


Abb. 110.

Kohlensilo für Kalkwerk Wilmersdorf.

17. Kohlenbunker im Elektrizitätswerk Meißen.

Der Kohlenbunker im Elektrizitätswerk Meißen ist ein großräumiger, sehr hoch gelegener Bunker.

Der First liegt etwa 15 m über Gelände.

Der Bunker stößt mit seiner Breitseite an das Kesselhaus. Die Beschüttung des Bunkers erfolgt mit einer Bleichertschen Anlage, die das Material von den Loren des Zweiggleises hebt, in den Bunker transportiert und daselbst fallen läßt.

Die Konstruktion ist aus den Abb. 111 u. 112 ersichtlich. 6,11 m über der Kellerdecke ist unter dem Siloboden noch eine wagerechte Decke angeordnet, die zur Abstützung der Trichter dient und gleichzeitig noch der ganzen Anlage die erforderliche Steifigkeit in horizontalem Sinne gibt.

Die Anlage ist im Jahre 1911 in Betrieb genommen worden und hat sich bestens bewährt. Die Konstruktion ist entworfen und ausgeführt worden vom Dresdener Hause der Firma Kell u. Löser.

18. Koksunker für die Gasanstalt der Stadt Berlin, Tegel.

Die Abb. 113 u. 114 stellen Quer- und Längsschnitt der nach dem generellen Entwurf der Städtischen Gaswerke von der Firma Wayss u. Freytag ausgeführten Anlage dar, die aus

17 Taschen von je 7,74 m Länge besteht und an einem bestehenden Gebäude verankert ist. Da der Koks in glühendem Zustande hineingeschüttet wird, ist eine innere Auskleidung der Taschen mittels in Zementmörtel verlegter abgebrannter Steinfliesen ausgeführt worden. Derartige Verkleidungen sind sonst — etwa als Vorkehrung gegen das Abnutzen des

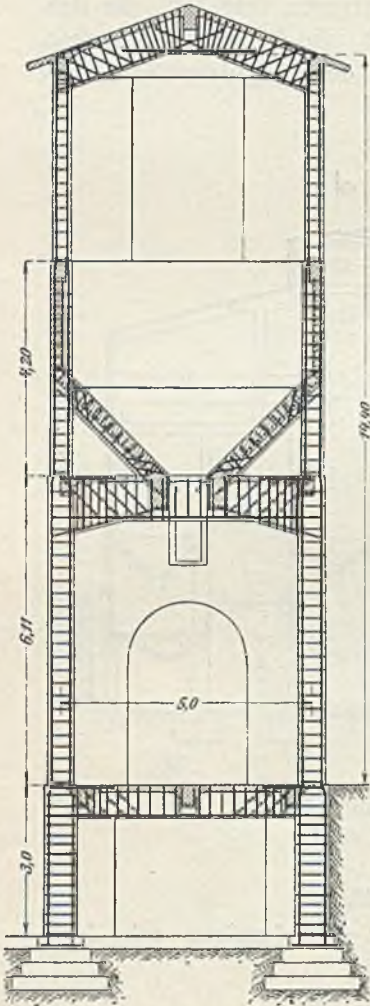


Abb. 111. Querschnitt.

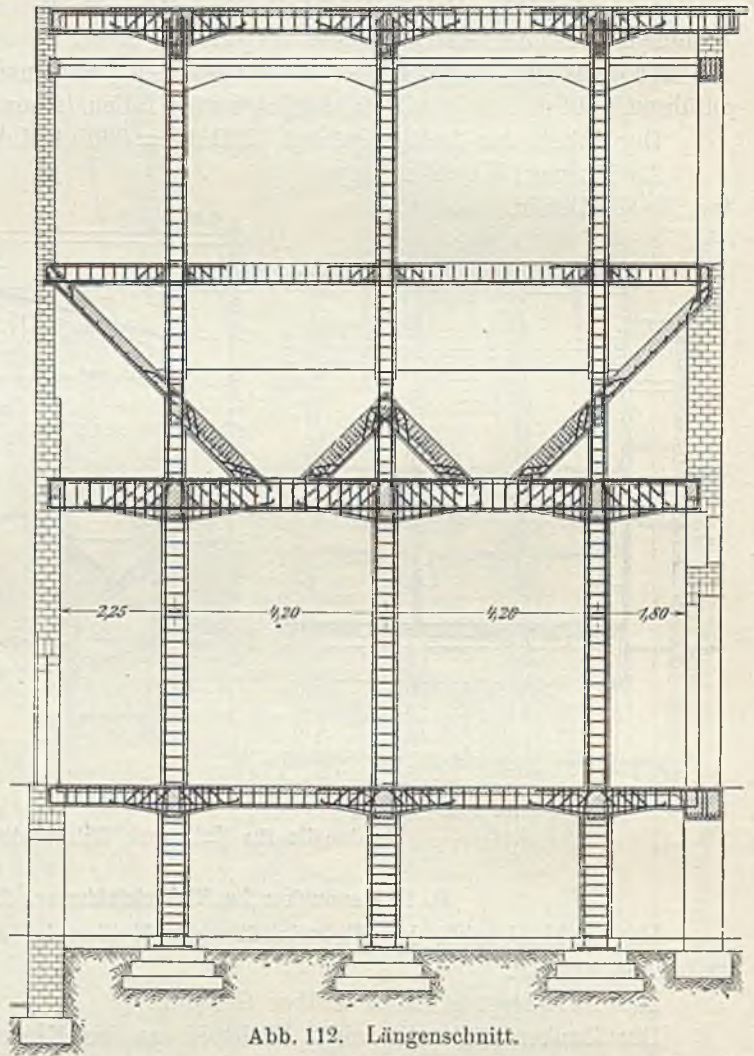


Abb. 112. Längenschnitt.

Kohlenbunker Meissen.

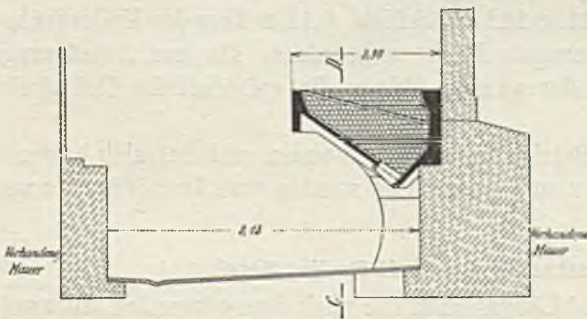


Abb. 113.

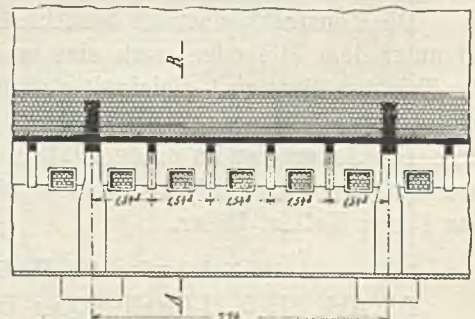


Abb. 114.

Eisenbetons durch die Wirkung des herabfallenden Füllmaterials — nicht erforderlich, da die Stoßwirkung sich sogar bei Erzsilos nicht so weit bemerkbar macht, als daß der Eisenbeton dagegen noch besonders geschützt werden müßte.

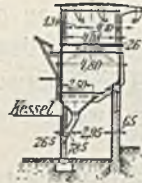


Abb. 116. Querschnitt.

Solche Koksunker waren sonst vom Gaswerk stets in Eisen ausgeführt worden, und dieser Versuch, dafür Eisenbeton zu verwenden, hat zu den besten Resultaten geführt.

Der Inhalt der Anlage beträgt $635 \text{ m}^3 = 315 \text{ t}$ Koks.

19. Kohlenbunker für die Zuckerfabrik Frankenthal.

Derselbe ist in den Abb. 115 bis 117, welche Schnitte und Grundriß darstellen, veranschaulicht.

Fassungsraum: 2000 m^3 bzw. 1800 t .
Ausführung: Züblin u. Cie., Straßburg.

20. Kohlensilo für die Deutschen Solvay-Werke, Wyhlen.

Die Abb. 118 bis 121 stellen den Silo dar, dessen Fassungsraum 900 m^3 bzw. 810 t beträgt.

Ausführung: Züblin u. Cie., Straßburg.

21. Kohlensilo Kraftwerk Wyhlen.

Die Abb. 122 bis 125 veranschaulichen Schnitte und Grundrisse sowohl des 800 m^3 fassenden Kohlensilos als auch des anschließenden Kessel- und Maschinenhauses.

Ausführung: Züblin u. Cie., Straßburg.

22. Einige weitere Kohlensilos.¹⁾

Im Norden Frankreichs erbaute Hennebique viele Kohlensilos für Zechen, Fabriken, Bahnhöfe oder Häfen.

Es sind dies erhöhte Behälter, welche sich von den Wassertürmen nur durch ihre Form unterscheiden. Diese läuft nach unten zu mit rundem oder häufiger noch mit vier-eckigem Querschnitt trichterförmig aus.

¹⁾ Vergl. Christophe, Der Eisenbeton und seine Anwendung im Bauwesen.

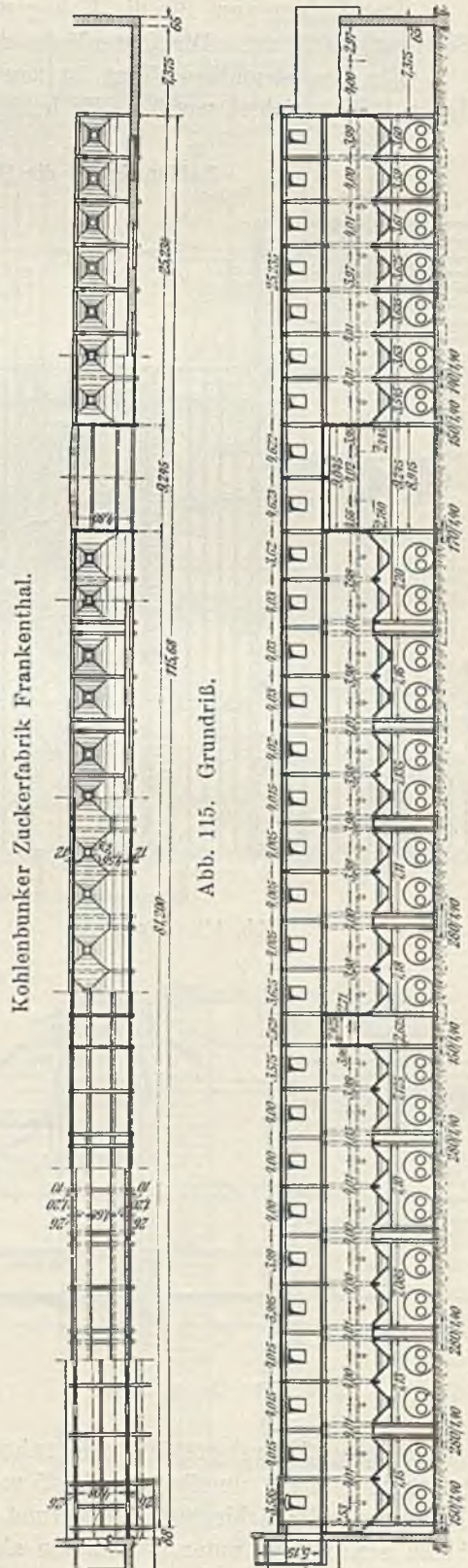


Abb. 117. Längenschnitt.

Der Kohlenraum für die Koksgewinnung an den Zechen von Aniche enthält vier Silos von je 90 m^3 . Die Unterfläche der Silos liegt $8,20\text{ m}$ über dem Boden.

Ein Bau derselben Form ist von Hennebique für die Lenzgruben, Roubaix im Jahre 1897 errichtet worden. Er besitzt zwei Silogruppen mit je sechs Ausläufen, von

Kohlensilo für die Deutschen Solvay-Werke, Wyhlen.

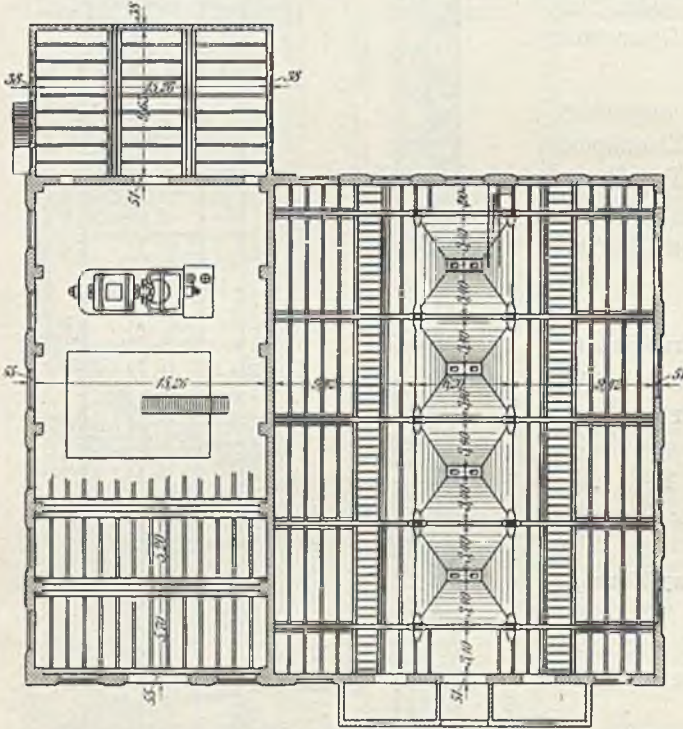


Abb. 118. Grundriß.

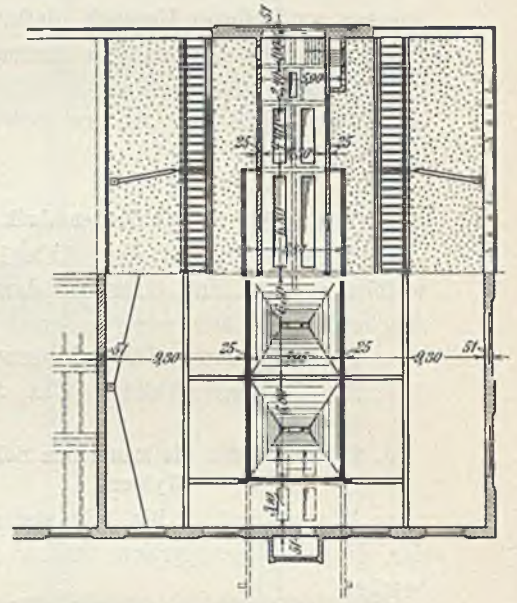


Abb. 119. Grundriß.

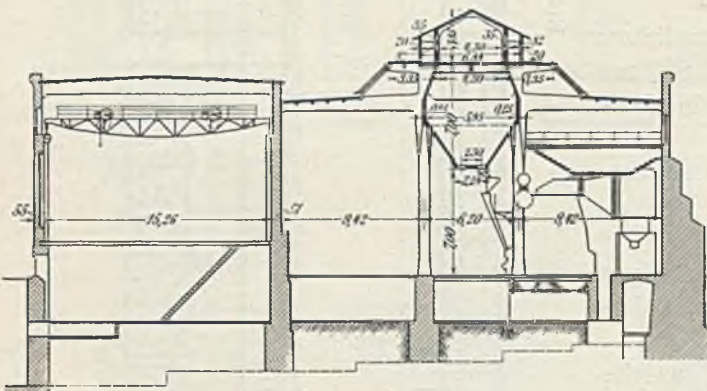


Abb. 120. Querschnitt.

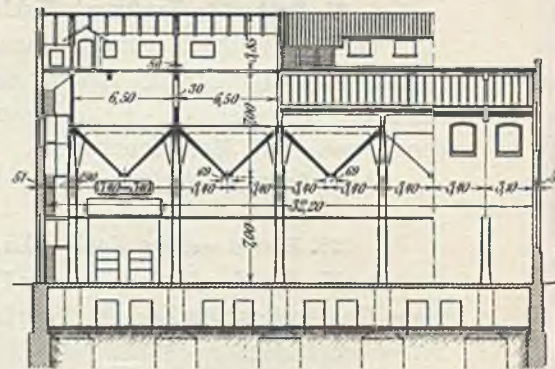


Abb. 121. Längenschnitt.

denen jeder 325 m^3 enthält. Sie ruhen auf acht Pfeilern aus Eisenbeton. Eine auskragte Galerie umgibt den $11,25\text{ m}$ über dem Boden gelegenen oberen Rand des Bauwerks. Da schlechter Untergrund vorhanden war, rammte man Pfähle aus Eisenbeton ein, welche unter den Säulen als Gründung dienen.

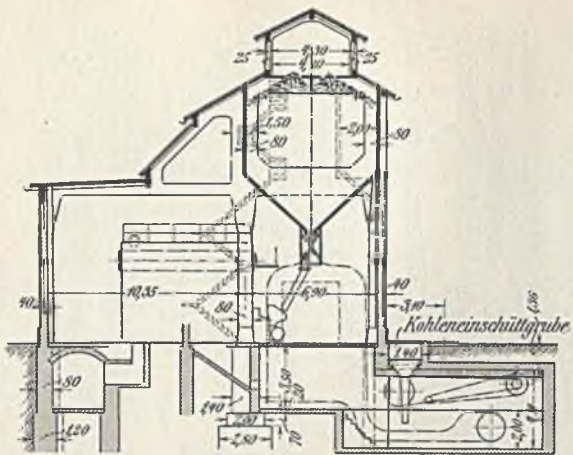


Abb. 124. Kohlensilo Wyhlen.
Querschnitt.

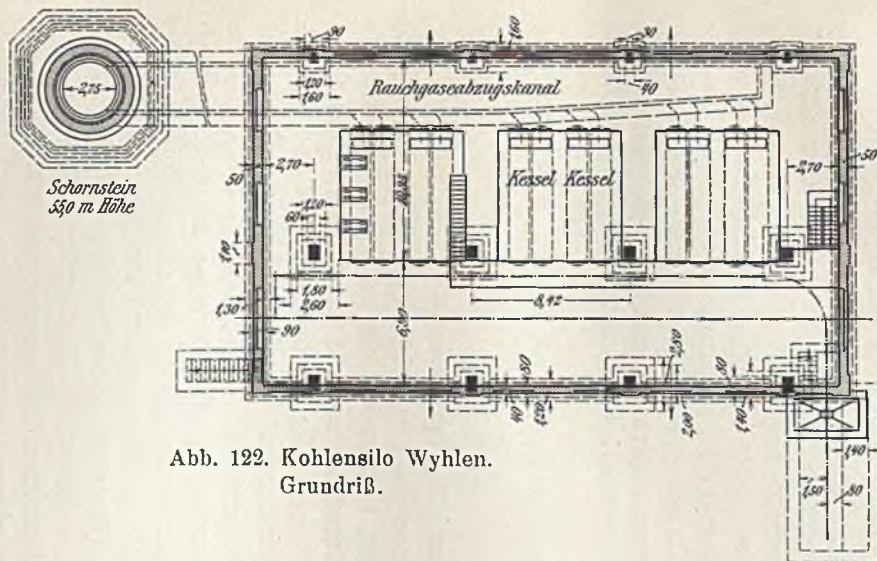


Abb. 122. Kohlensilo Wyhlen.
Grundriß.

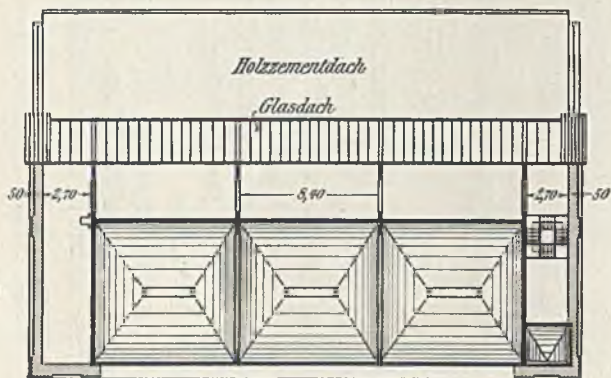


Abb. 125. Kohlensilo Wyhlen.
Grundriß der Zellen.

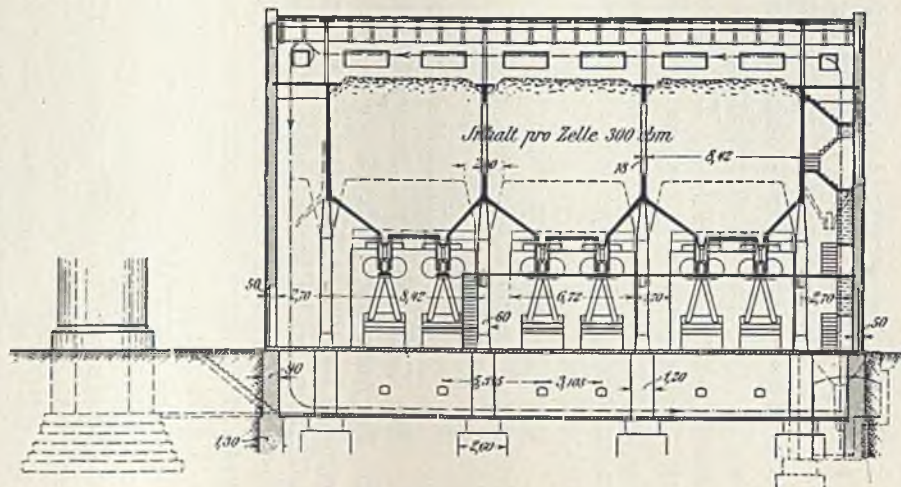


Abb. 123. Kohlensilo Wyhlen.
Längenschnitt.

23. Kokskohlenturm auf Zeche „Carolinenglück“ des Bochumer Vereins in Bochum i. W.

Der Kokskohlenturm (Abb. 126 u. 126a) faßt mit 2 Zellen von $10,6 \times 9$ m Grundriß und 11,5 m Höhe etwa 1800 t Kokskohle. Der Unterbau besteht aus 2 Stützenreihen, auf welchen eine auf etwa 7,3 m Höhe angeordnete Bühne ruht. Auf dieser verkehrt der zur Beschickung der Koksöfen vorgesehene Koksofenwagen von 30 t Gesamtgewicht. Für die Zellenausbildung war es nicht angängig, Wandrippen mit Verankerungsbändern anzuordnen. Es wurden deshalb die Zellenwände zwischen biegungsfeste Zweigelenkrahmen gespannt, welche durch einen oberen Riegel und lotrechte Wandrippen gebildet sind. Diese Wandrippen lagern gelenkartig in Kragarmen von Trapezrahmen, welche von den unteren Trichterbalken und den Stützen der Beschickbühne gebildet sind.

Der Silo wurde im Jahre 1912/13 von der Firma Carl Brandt, Düsseldorf projektiert und ausgeführt.

24. Feinkohlenturm auf Zeche Recklinghausen II.¹⁾

Der Feinkohlenturm, dessen Konstruktion aus den Zeichnungen (Abb. 127 u. 128) und der Aufnahme (Abb. 131) ersichtlich ist, besteht aus einer 6,50 m über Gelände liegenden Ladebühne, aus den acht großen Entwässerungsbehältern, aus den Eisenbeton-Zuführungs- und Überlaufslutten, den Laufstegen, der Dachkonstruktion und der gesamten maschinellen Einrichtung. Die für 800 kg/m^2 Nutzlast berechnete Ladebühne wurde mit so stark bemessenen Felderrandbalken und Unterzügen ausgeführt, daß diese im Verein mit den Stützen biegungssteife Portale für die Aufnahme des ganzen Winddrucks bei leeren Behältern bilden. Die von der Ladebühne ausladende Konsole stellt die Verbindung mit der älteren, benachbarten, in Eisenkonstruktion erbauten Wäsche dar. Die lotrechten Behälterwände wurden (für die Außenwände als einseitig kreuzweise bewehrte bzw. als doppelseitig kreuzweise bewehrte Platten für die Mittelwände) ausgebildet. Die Momentenaufstellung der Platten erfolgte nach der bekannten (aus der Gleichheit der Durchbiegung in beiden Bewehrungsrichtungen) sich ergebenden Beziehung (Abb. 129):

$$M_L = \mathfrak{M}_L \frac{l^4}{L^4 + l^4}; \quad M_l = \mathfrak{M}_l \frac{L^4}{l^4 + L^4} \dots \dots \dots 1)$$

wobei \mathfrak{M}_L und \mathfrak{M}_l die Balkenträgermomente für beide Bewehrungsrichtungen bedeuten. Für \mathfrak{M}_l wurden die Platten als unten (in den Trichterrippen) eingespannt, an den oberen Luttenbalken frei aufliegend mit dreieckiger Belastungsfläche berechnet. Hierbei ergibt sich $\max + M_l$ bei $x = \frac{l}{\sqrt{5}}$. Der Wert \mathfrak{M}_L wurde der Tiefe nach variabel mit

Berücksichtigung der Plattenkontinuität in die Beziehung 1) eingeführt und die wagerechte Bewehrung dementsprechend angeordnet.

Die Trichterwände sind als in den Mittelrippen eingespannte, an der Randverstärkung R des Trichterbodens frei aufliegende, einfach bewehrte Platten ausgebildet und wegen möglicher dynamischer Wirkungen des herabstürzenden Schlammes und fester Teile für ein höheres spezifisches Gewicht des Inhalts berechnet als die lotrechten Wände.

Der Trichterboden ist eine auf den Randverstärkungen R (Abb. 132) aufliegende, kreuzweise bewehrte Platte. Die Verstärkung R ist als in den Eckpunkten m aufgehängte Rahmenkonstruktion berechnet. Die Seitenlast Z des Auflagerdrucks A des

¹⁾ Vergl. Deutsche Bauzeitung, Zementbeilage 1908, Nr. 4, ferner B. u. E. 1911, S. 183.

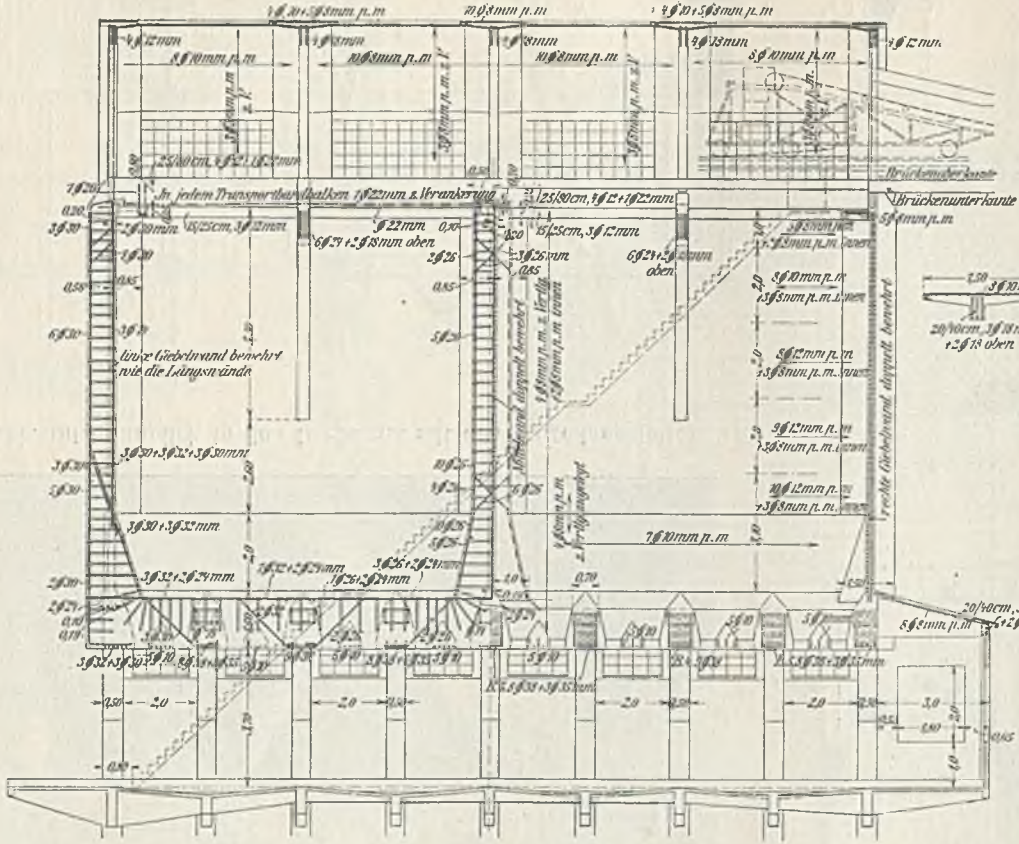


Abb. 126. Längenschnitt.

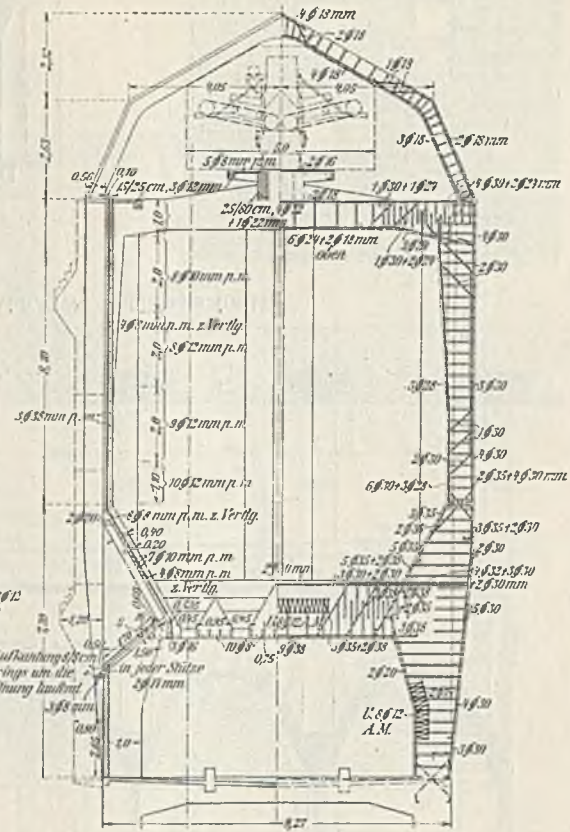


Abb. 126a. Querschnitt.

Kokkohlenturm auf Zeche Carolinengluck bei Bochum, Konstruktion in Eisenbeton.

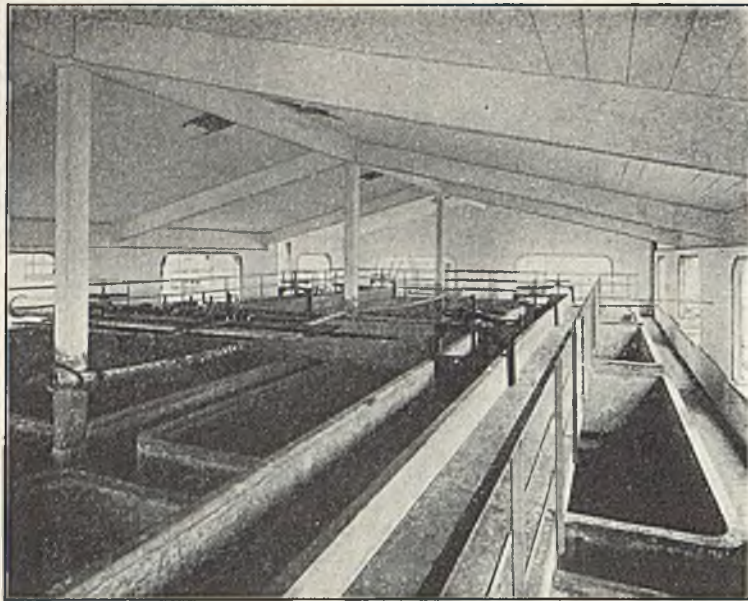


Abb. 131. Einblick in den Dachraum mit den Verteilungslutten.

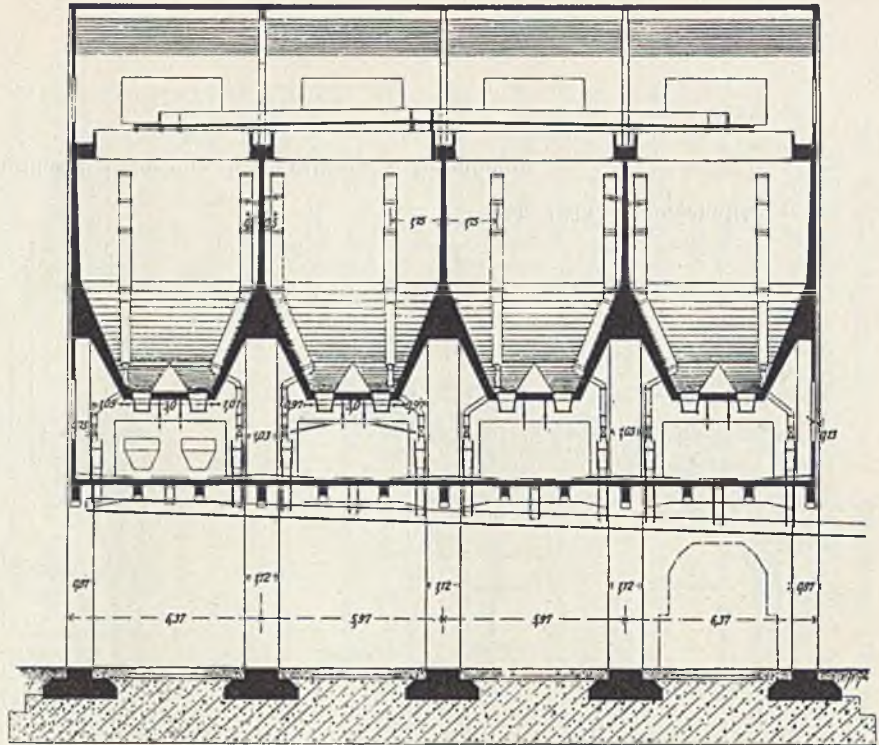


Abb. 128. Längenschnitt.

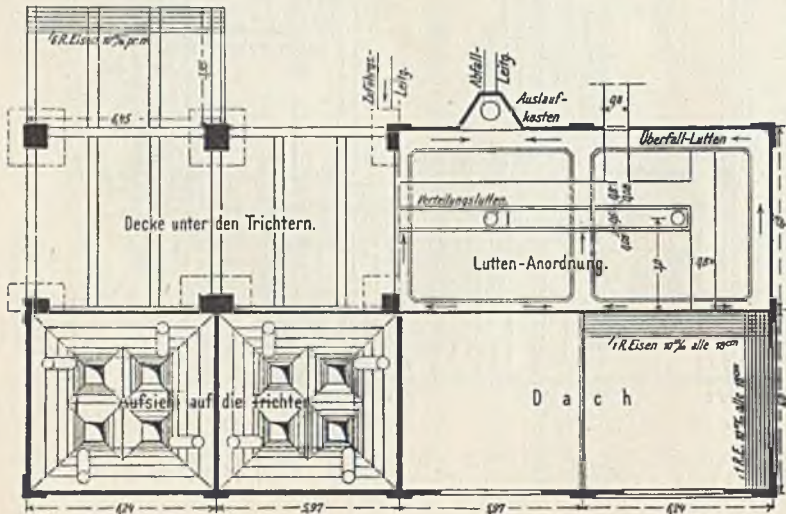


Abb. 127. Grundrisse in verschiedener Höhenlage.

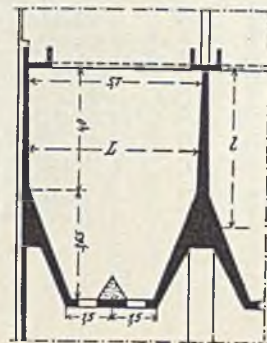


Abb. 129.

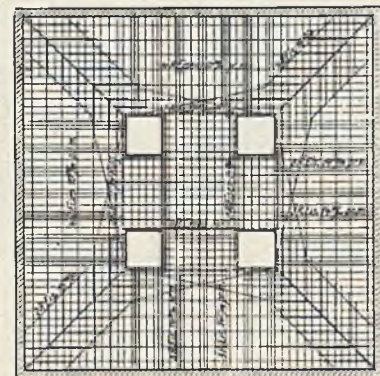


Abb. 130. Behälterboden.

Bodens wird durch die Haft- und Zugfestigkeit von den in den Trichterwänden liegenden Aufhängeeisen aufgenommen (Abb. 133). Der Rahmen R wird von den Auflagerdrücken des Bodens und der Wände D, D_1 auf Biegung beansprucht und ruft in m Auflager-

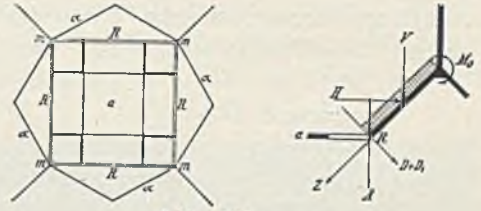


Abb. 132 a u. b.

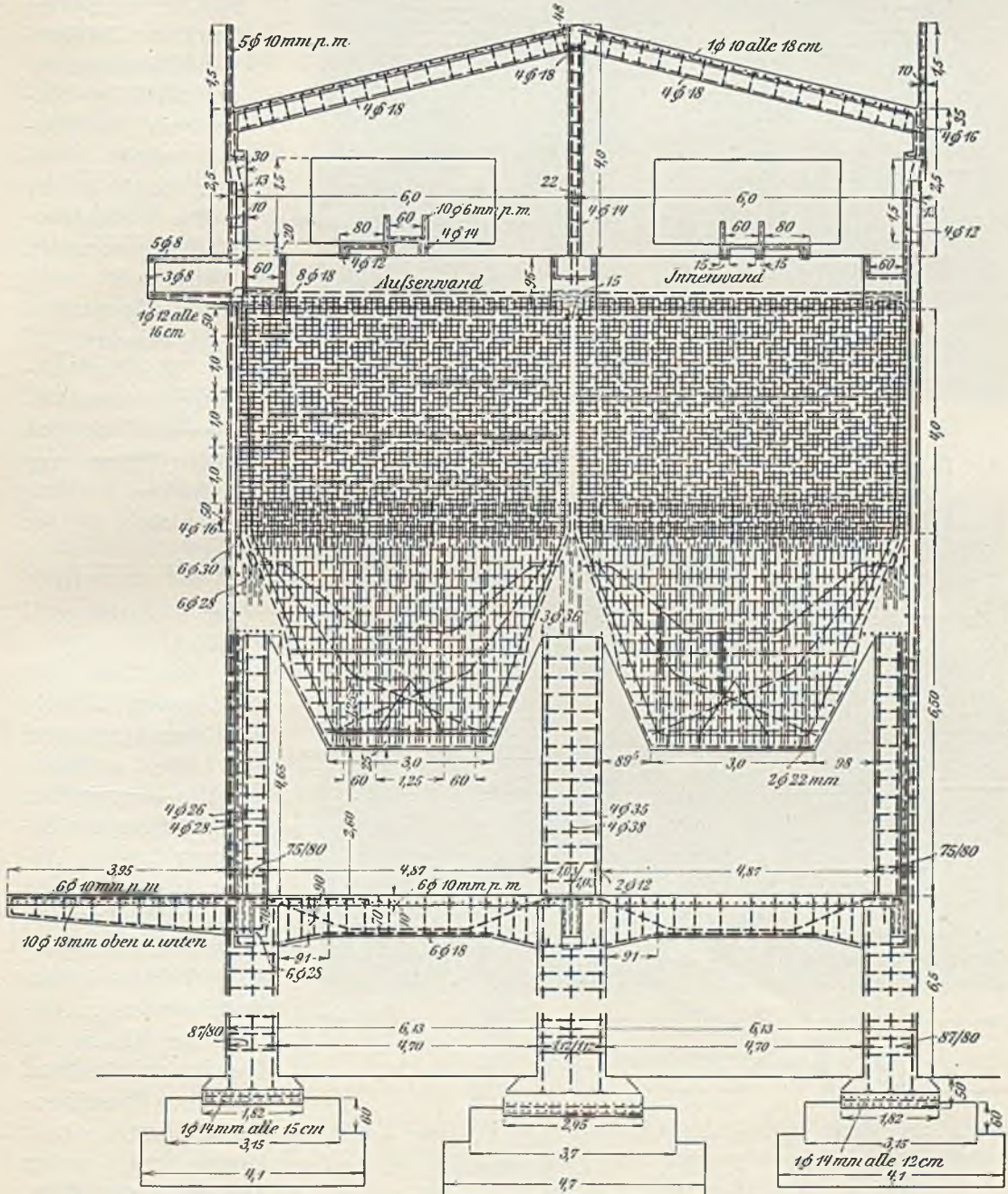


Abb. 133. Querschnitt mit Eintragung der Eiseneinlagen.

reaktionen hervor, welche durch (in die Schnittlinien der durch *R* gelegten Normal-ebenen der Trichterwände mit den Trichterwänden gelegte) Aufhängungen *a* aufgenommen werden.

Die zwischen den Behältern liegenden Mittelrippen und die Außenrippen sind für den Seitendruck der Trichterwandflächen und für den restlichen Seitendruck der Behälterwände, welcher durch die zu diesen Behälterwänden normalen Wände nicht mehr ganz aufgenommen wird, bewehrt.

Die Überlauf-lutten erhalten solche Form, daß ihre Böden Stürze zur Aufnahme der Auflagerdrücke der Wände $X = \frac{l^2}{10}$ in der Richtung *l* bilden.

Das Dach ruht auf Stützen, die in den Kreuzungspunkten der Lutten aufsitzen.

Die maschinellen Einrichtungen, wie Zuleitungsrohre, Absperrschieber in den Lutten, Einlaßventile, Entwässerungsapparate, Trichtereinsätze usw., wurden im Auftrage der Firma Carl Brandt in Düsseldorf von der Maschinenfabrik Baum A.-G. in Herne mit großer Sorgfalt ausgeführt.

Die Zuleitung des den

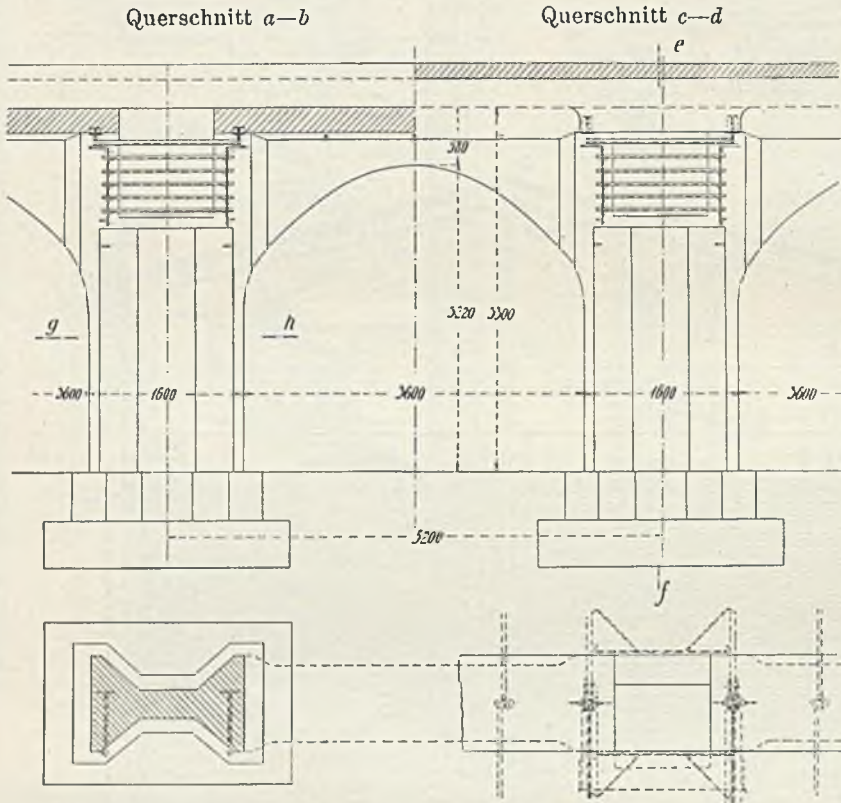


Abb. 134 u. 135. Kohlspeicher in Tegel.

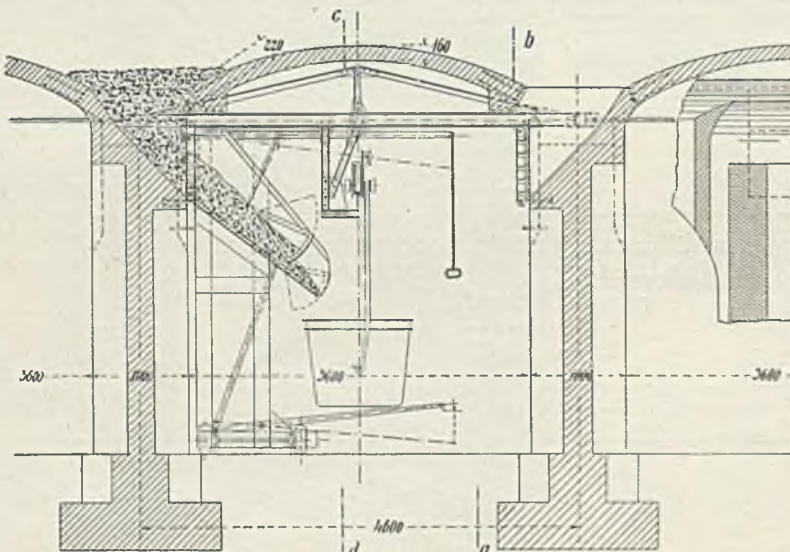


Abb. 136. Längenschnitt e-f Kohlspeicher in Tegel.

Kohlenschlamm führenden Wassers erfolgt mittels einer Rohrleitung von 500 mm Durchmesser. Diese führt das Wasser den beiden in der Längsrichtung des Feinkohlenturmes über den Zellen liegenden Zuführungslutten zu. Eine Querlutte von 1° Gefälle verbindet beide Zuführungslutten, die für jede Zelle durch Schieber abgeschlossen werden können. Über jedem Behälter ist in den Verteilungslutten ein Schraubventil eingebaut, durch welches der Kohlenschlamm in die Zellen entleert wird. Für die Bedienung der Schieber und Ventile ist eine Dienstbrücke von 80 cm Breite auf der Außenseite der Zuführungslutten und längs der Verbindungs- (Quer-) lutte vorgesehen (Abb. 127 u. 131). Um jede Zelle laufen Überlaufslutten mit waagrechter Überlaufskante, deren Sohlen je 1° Gefälle gegen die Auslaufkasten zu erhalten. In diesen Überlaufslutten läuft das Wasser mit den leichten Beimengungen ab. In jeder Zelle sind vier lotrechte Entwässerungsrohre (mit gelochten Wänden) angebracht, durch welche das Abzugwasser in die unter den Trichtern angebrachten Holzlutten abfließen kann.

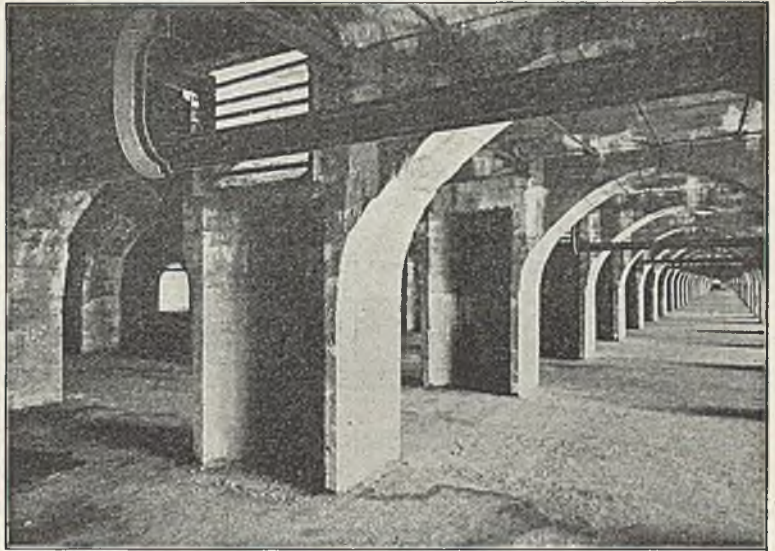
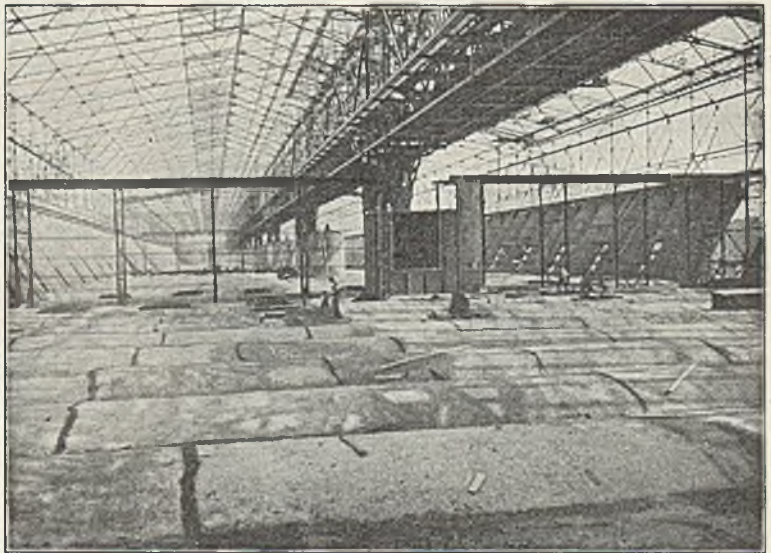


Abb. 137. Ansicht der Gurtbogen.

Abb. 138. Innenansicht.
Kohlenspeicher in Tegel.

In jedem der Trichterböden sind vier Gußeisentrichter eingesetzt, deren Verschlüsse durch Handrad und Zahnstange von der Ladebühne betätigt werden. Nach zwölfstündiger Entwässerung beträgt der Wassergehalt der unten gesammelten Feinkohle noch etwa 12 vH.

25. Kohlenspeicher in Tegel.¹⁾

Der Kohlenspeicher der Berliner städtischen Gaswerke, Tegel ist das größte bestehende Bauwerk dieser Art. Derselbe mißt in der Länge 574 m, in der Breite 51,2 m und in der Höhe 28 m. Die Kohle wird in ihm auf einer 4 m über Terrain angelegten Bodenkonstruktion 8 m hoch gelagert, und das Lagerquantum, welches der Speicher faßt, beträgt insgesamt 170 000 t.

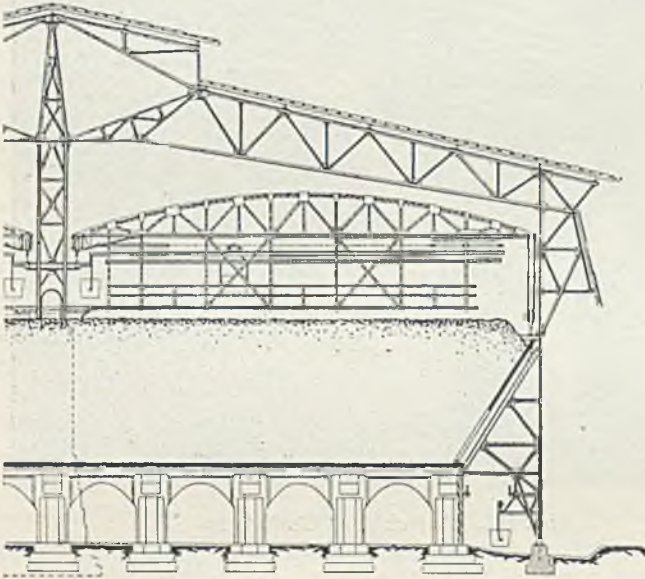


Abb. 139. Querschnitt durch die ganze Anlage. Kohlenspeicher in Tegel.

Die Bodenkonstruktion ist, wie nachstehend näher erläutert, mit Öffnungen versehen, durch welche die Kohle nach unten abgezogen wird.

Abb. 134 zeigt einen Querschnitt der Speicheranlage. Wie aus diesem ersichtlich, sind hier in Abständen von 5,2 m in der Querrichtung Pfeiler mit dazwischenliegenden Gurtbogen angeordnet. Der Abstand der Pfeilerreihen in der Längsrichtung des Speichers beträgt 4,6 m, zwischen diesen Pfeilerreihen sind Betongewölbe eingespannt. Es entstehen hierdurch 117 in der Querrichtung der Speicheranlage sich durchziehende Gewölbegänge.

Die Seitenwände bestehen aus Eisenkonstruktionsböcken, welche in der Längsrichtung des Speichers entsprechend den Pfeilern der Bodenkonstruktion, in Abständen von 4,6 m angeordnet sind, zwischen welche sich auf der Innenseite schrägstehende Betongewölbe spannen. Die Giebelwände sind in ähnlicher Weise konstruiert.

Der Speicher ist durch fünf in der Querrichtung angeordnete Zwischenwände in sechs gleiche Hauptabteile geteilt. Diese Zwischenwände bestehen ebenfalls aus Eisenkonstruktionsböcken mit rückwärts gespannten Vertikalgewölben.

In Abständen von etwa 50 m in der Längsrichtung sind in der

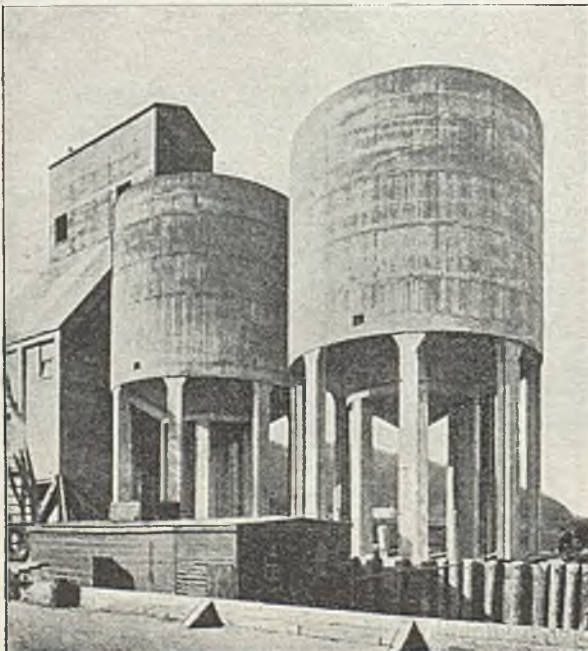


Abb. 140. Sandbehälter Roslyn Plant.

¹⁾ Siehe auch B. u. E. 1908, Heft XIV, S. 335.

Mittelachse des Speichers gemauerte Türme vorgesehen, auf welche sich große Gitterträger zur Aufnahme der Dachkonstruktion und der Fahrbahn für verfahrbare Hängebahnbrücken auflegen. Im Inneren dieser Türme sind massive Wendeltreppen angeordnet, welche vom Terrain aus durch die unteren Gewölbegänge zugänglich sind und zu einem über dem höchsten Kohlenniveau in der Längsachse des Speichers sich durchziehenden Laufgang führen.

Durch die Abb. 134, 135 u. 136 sind Details der Bodenkonstruktion im Quer- und Längsschnitt sowie im Grundriß dargestellt. Die Bodenkonstruktion ist durchgehend aus Beton in verschiedenen Mischungen hergestellt, und nur vereinzelt sind Eiseneinlagen an solchen Stellen zur Anwendung gekommen, an denen geringe Zugspannungen auftreten. Die unteren Fundamentsockel sind rechteckig, die oberen dagegen, auf welche sich die Pfeiler aufsetzen, entsprechend diesen ausgebildet.

Die Größe des Betonpfeilerquerschnitts (etwa $0,90 \text{ m}^2$) wurde bestimmt durch die auf denselben entfallende, gleichmäßig verteilte Belastung von etwa 7600 kg/m^2 bzw. etwa $182\,000 \text{ kg}$ für 1 Pfeiler einschließlich Eigenlast. Wie der schraffierte Teil im Grundriß (Abb. 135) zeigt, wurde die Materialverteilung des Pfeilers in der Weise vorgenommen, daß derselbe bei einer Breite von 1 m eine Basis von $1,60 \text{ m}$ in der Richtung, in welcher der Horizontalschub des Gurtbogens wirkt, erhielt. Dagegen wurde der Querschnitt in der Mitte auf eine Breite von $0,30 \text{ m}$ eingeschnürt. Durch die $1,60 \text{ m}$ große Basis wurde erreicht, daß bei gleicher Materialaufwendung die infolge einseitiger Belastung durch den Horizontalschub des Gurtbogens hervorgerufene Kantenpressung im Pfeiler auf derselben Höhe gehalten wurde wie die infolge der gleichmäßig verteilten Belastung hervorgerufene Pressung des ganzen Querschnitts. Durch diese in statischer Beziehung sehr wichtige Anordnung wurde nun gleichzeitig auch ein sehr großer Vorteil der ganzen Bodenkonstruktion in betriebstechnischer Hinsicht geschaffen. Es wurde nämlich hierdurch die Lage und Form der Abzapföffnungen in einer sehr günstigen Weise gelöst, indem dieselben, ermöglicht durch die Form der Pfeiler, in deren oberem Teile, und zwar zwischen bzw. über den Kämpfern der Gurtbogen angeordnet werden konnten. Es ist dies das Wesen dieser Konstruktion, welche in Deutschland und mehreren anderen Staaten patentiert ist.

Die Abzapföffnungen haben hier gegenüber der sonst nur noch in den Gewölben möglichen Anordnung den bedeutenden Vorteil, daß eine natürliche Rutschfläche in der einfachsten Weise und in der hierfür in Betracht kommenden vorteilhaftesten Neigung leicht und billig hergestellt werden konnte.

Der Transport der Kohle aus dem Speicher erfolgt durch eine Hängebahnanlage, welche an den beiden Längsseiten des Speichers derart angeordnet ist, daß Abzweigungen derselben in die Gewölbegänge, in welche die Abzapföffnungen einmünden, hineinführen.

In Abb. 136 ist im Längenschnitt $e-f$ angedeutet, in welcher Weise das Abzapfen der Kohle vor sich geht. Jede Abzapfung ist nur durch einen einfachen Rost verschlossen. Es wurde von den Gaswerken nur eine ganz beschränkte Anzahl mechanischer Verschlüsse vorgesehen und fahrbar angeordnet, um sie somit von Abzapföffnung zu Abzapföffnung verfahren und in einfacher Weise an die letzteren anschließen zu können.

Nachdem dies geschehen ist, kann der einfache Rostverschluß in bequemer Weise entfernt werden, worauf die Kohle durch die im Schnitt $e-f$ links angedeutete fahrbare Schurre mit mechanischem Verschluß in die Hängebahnwagen gezapft wird.

Das Einbringen der Kohle in den Speicher erfolgt durch den hin und zurück laufenden Strang einer in der Längsachse des Speichers vorgesehenen Hängebahnanlage,

von welcher aus der Quertransport über die in der Längsrichtung verfahrbaren Brücken erfolgt, so daß die Ausladung der Hängebahnwagen an jeder Stelle des Speichers vorgenommen werden kann. Abb. 137 und 138 zeigen Innenansichten und Querschnitt der ganzen Anlage.

Die Ausführung der Betonarbeiten, welche die Firma Mölders u. Co., Hildesheim von der Firma Ernst Meyer, Ingenieurbureau, Berlin W30 übernommen hatte, wurde von ihr in der verhältnismäßig kurzen Zeit von $11\frac{1}{2}$ Arbeitsmonaten zur Ausführung gebracht.

26. Sandbehälter Roslyn Plant.

Abb. 140 zeigt eine eigenartige Silokonstruktion, die für eine Sandwäscherei in der Nähe von New York angewendet wurde.

Der Silo besteht aus zwei zylindrischen Behältern mit kegelförmigen Auslauftrichtern. Die ganze Konstruktion ist durch 12 bzw. 4 Säulen gestützt. Näheres findet sich in Zement und Beton 1905, Nr. 5.

27. Kohlenbehälter der Stadt Atlantic¹⁾ (Abb. 141 u. 142).

Die Verwaltung der Wasserwerke der Stadt Atlantic City, N.-J., hat einen Kohlenbehälter aus Eisenbeton gebaut, der imstande ist, 365600 kg Kohle aufzunehmen. Die mit der Bahn ankommende Kohle fällt zunächst durch einen Gitterrost in eine 2,30 m tiefe Grube aus Stampfbeton, um von dieser mit Hilfe eines Becherwerkes über die Mitte des Eisenbetonbehälters gehoben und in diesen abgestürzt zu werden. Die Gesamthöhe des Behälters beträgt bis zu dem Ansatz des pyramidenförmigen Daches 11 m, die innere lichte Weite 9,15 m. Er ruht auf 12 äußeren und 8 inneren Säulen, die durch kräftige Gewölbe ringförmig miteinander verbunden sind. Der Boden bildet einen 2,9 m tiefen Trichter mit einer runden Öffnung von 1,20 m Durchmesser an der tiefsten Stelle, aus welcher nach Öffnung eines Schiebers die Kohle in die untergeschobenen Fördergefäße fällt, welche sie nach dem Kesselhause bringen.

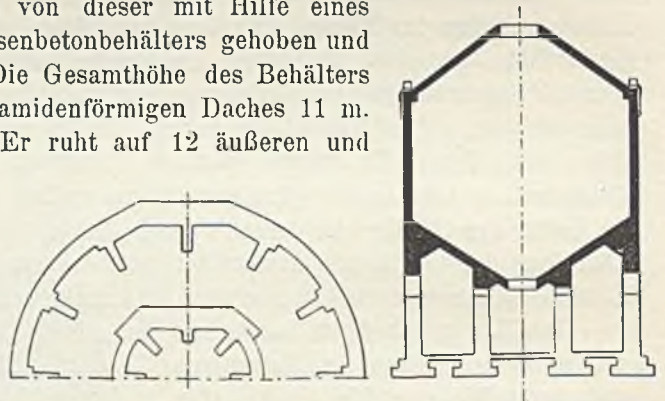


Abb. 141 u. 142. Kohlenbehälter der Stadt Atlantic.

Eine eigentümliche Erscheinung wurde bei der Herstellung der Säulen beobachtet. Die langen senkrechten Stäbe reichten anfänglich hoch über die Stampfformen hinaus. Da gerade starker Wind wehte, wurde das obere Ende stark hin und her bewegt, so daß das im Beton eingebettete Ende eine wenn auch nur kleine Bewegung machte, die aber trotzdem genügte, das feste Aneinanderhaften von Eisen und Beton zu verhindern. Durch Anschlagen mit einem Hammer wurde durch den dabei laut werdenden Klang in der Tat festgestellt, daß von sechs Säulen zwei nicht ganz in Ordnung sein mußten. Nach Beendigung des Bauwerks wurde an diesen Stellen der Beton entfernt, und man fand, daß er hier nicht mehr an den Eisen haftete. Es gelang jedoch, durch nachträgliches Einstampfen frischen Betons den Fehler wieder gut zu machen.

¹⁾ Zement und Beton 1905, Nr. 23.

28. Sandsilo der Peerless Brick Co.¹⁾

Auf dem Kalksandsteinwerk der Peerless Brick Co. in New York wurde eine aus vier zylindrischen Kammern bestehende, in der Ansicht in Abb. 143 dargestellte Siloanlage zur Lagerung von 1685 m³ Sand errichtet, wobei von dem Grundgedanken ausgegangen wurde, möglichst an Platz zu sparen und einen möglichst standfesten, gewissermaßen aus einem Stück bestehenden Bau aufzustellen. Die vier Behälter berühren sich an vier Punkten und schließen so einen fünften Raum ein, der ebenfalls als Silozelle benutzt wird. Die Höhe der Silos beträgt 12,20 m, ihre lichte Weite 6,95 m und ihre Wandstärke durchweg 20 cm. Die 30 cm starke und 68 cm breite ringförmige Grundplatte jedes Silos ruht auf 45 cm starken hölzernen Pfählen. Ein 3 m hohes Obergeschoß dient als Lager für Kalk.

Der Boden des Obergeschosses ruht unmittelbar auf den oberen Rändern der Zylinder auf und wird außerdem durch sechs Unterzüge getragen, die in der Richtung des Sammel-tunnels verlaufen.

Das Dach wird einerseits von den Außenwänden, anderseits von zwei Säulen getragen, deren Querschnitt 25 bzw. 30 cm Kantlänge besitzt und die sich auf der Mittelachse des Gebäudes in einem Abstände von ungefähr 7 cm über den Berührungspunkten je zweier Zylinder erheben. Diese Säulen tragen den Firstbalken des schwach geneigten Daches.

Als Dachhaut dient eine vierfache Lage von geteertem Filz, die mit feinem Kies beschüttet ist.

Die nach dem Sammel-tunnel schräg geneigten Böden der vier Zylinder bestehen aus 15 cm starkem Stampfbeton, der auf der festen Hinterfüllung aufliegt und deshalb ohne Eiseneinlagen belassen werden konnte.

Die Betonmasse fiel aus dem Mischer in einen Muldenaufzug, der sie in einen hoch angeordneten Vorratsbehälter stürzte. Aus diesem wurde sie durch eine Schiebetür in Schubkarren abgezogen und mit deren Hilfe nach dem jeweiligen Verwendungs-ort gebracht. Die Schalung der Zylinder bestand sowohl für den inneren als auch für den äußeren Umfang aus 2,10 m hohen und 2,70 m langen Teilen. Der äußere und innere Schalungsring wurde durch je drei starke Reifen aus Bandeisen zusammengehalten. Außerdem waren sie durch Ankerschrauben miteinander verbunden. Jeder so gebildete Ring wurde innerhalb einer Tagschicht mit ungefähr 32 m³ Betonmasse gefüllt. 24 Stunden später war der Beton so weit erhärtet, daß die Ringe auseinandergenommen und ihre einzelnen Teile um 1,80 m gehoben werden konnten, wozu ein kleiner Kran auf dem Baugerüst aufgestellt worden war. Die Ringe wurden wieder

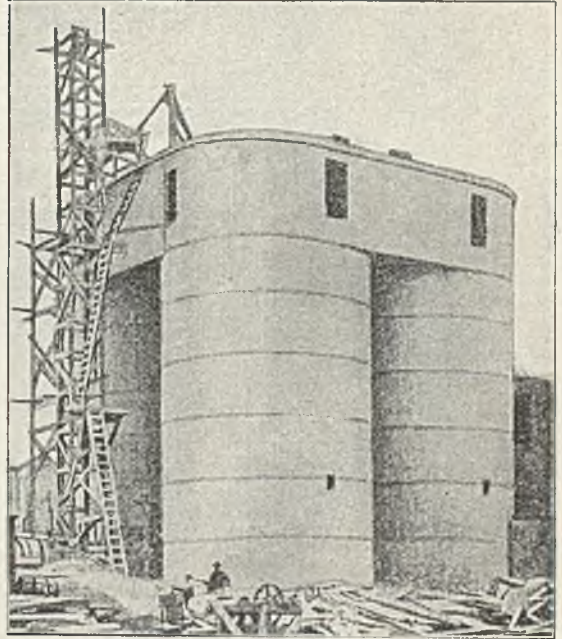


Abb. 143. Sandsilo der Peerless Brick Co.

¹⁾ Zement und Beton 1906, Nr. 14.

zusammengefügt und mit dem Einstampfen aufs neue begonnen. Um eine sichere Verbindung der einzelnen so gebildeten und auf Abb. 143 deutlich erkennbaren Absätze zu erzielen, wurden sie in Abständen von 60 cm miteinander durch 90 cm lange und 9,5 mm starke senkrechte Stäbe verdübelt. Das Arbeitsgerüst wurde von in 3 m Entfernung in den fertigen Teil der Wände eingeschoben und durch Winkelhölzer versteiften Balken getragen. Nach Fertigstellung des Baues wurden die dadurch entstandenen Öffnungen in den Wänden sorgfältig mit Betonmasse ausgefüllt.

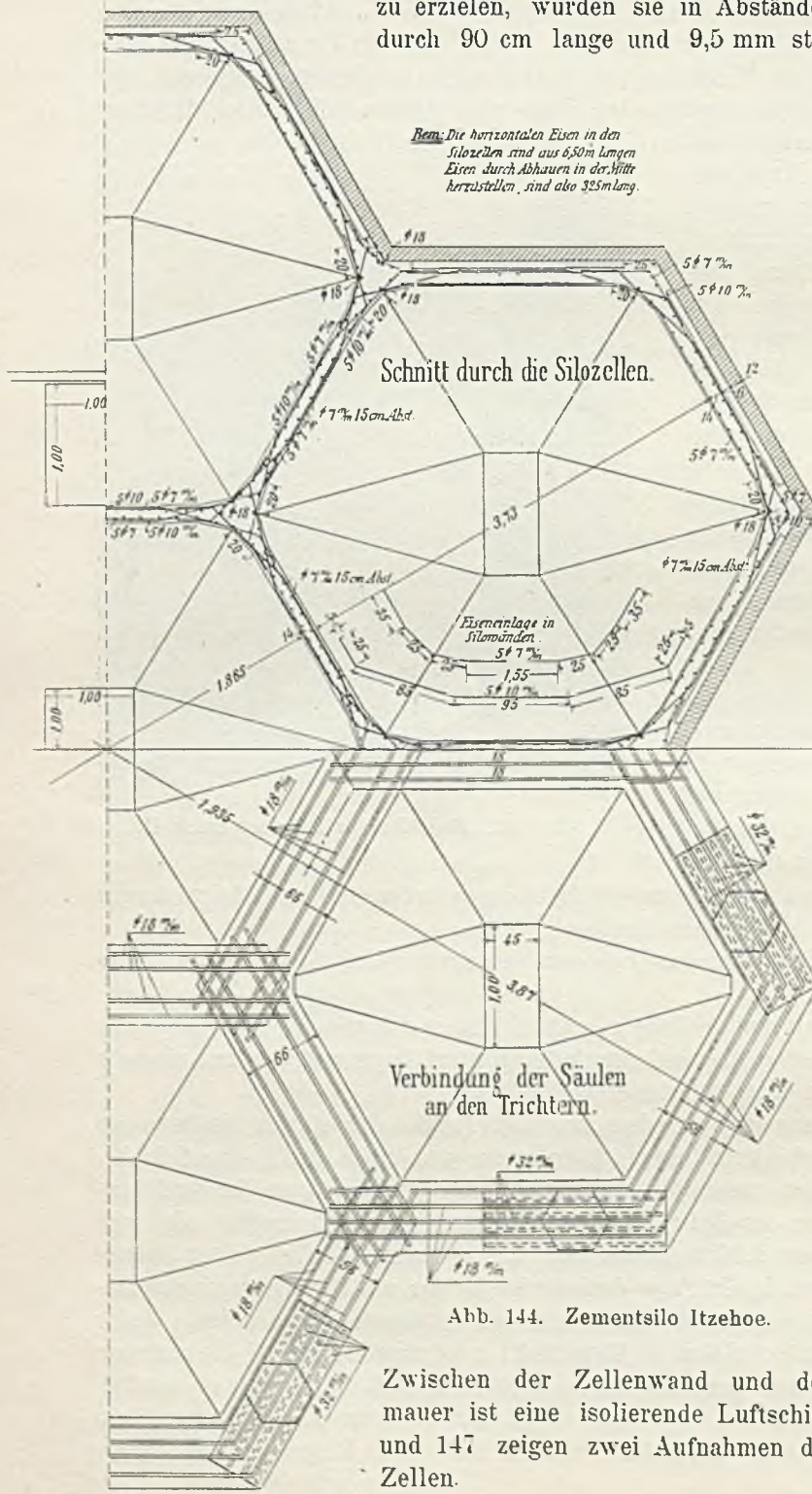


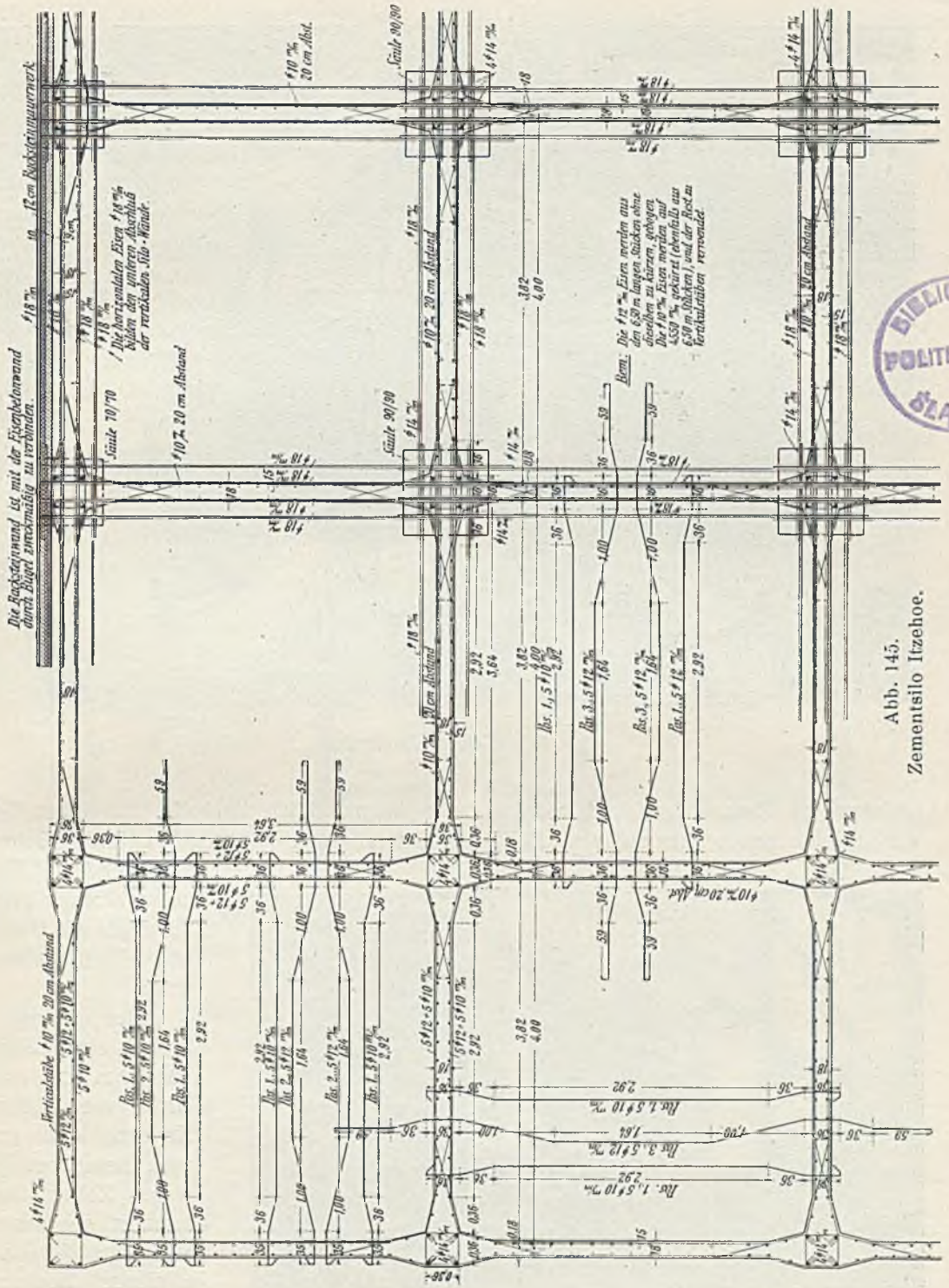
Abb. 144. Zementsilo Itzehoe.

Zwischen der Zellenwand und der umfassenden Backsteinmauer ist eine isolierende Luftschicht freigelassen. Abb. 146 und 147 zeigen zwei Aufnahmen des Baues mit sechseckigen Zellen.

Im ganzen wurden ungefähr 520 m³ Beton und 20 t Eisen gebraucht. Das Werk wurde in 60 Tagen von 12 Zimmerleuten und 14 Betonarbeitern vollendet.

20. Zementsilo in Itzehoe.

Für die Alsenschen Portlandzementwerke, Itzehoe wurden im Jahre 1904 von der Firma Wayss u. Freytag, A.-G., zwei Zementsilos erbaut; der eine besteht aus 2 × 7 sechseckigen Zellen von 16 m Höhe (Abb. 144) und der andere aus 44 quadratischen Zellen von 4/4 m Grundfläche (Abb. 145). Entsprechend den hier auftretenden doppelten Momenten ist in den Ecken die doppelte Wandstärke als in der Mitte angenommen.



30. Zementsilo in Genua¹⁾ (Abb. 148 u. 149).

Auf dem Werke Oneglia der Società anonima Laterizi, Calci e Cementi, Genua ist nach den Entwürfen der Firma A. Maciachini, Mailand ein großer Silo-

¹⁾ Vergl. „Der praktische Maschinenkonstrukteur“. Leipzig 1906.

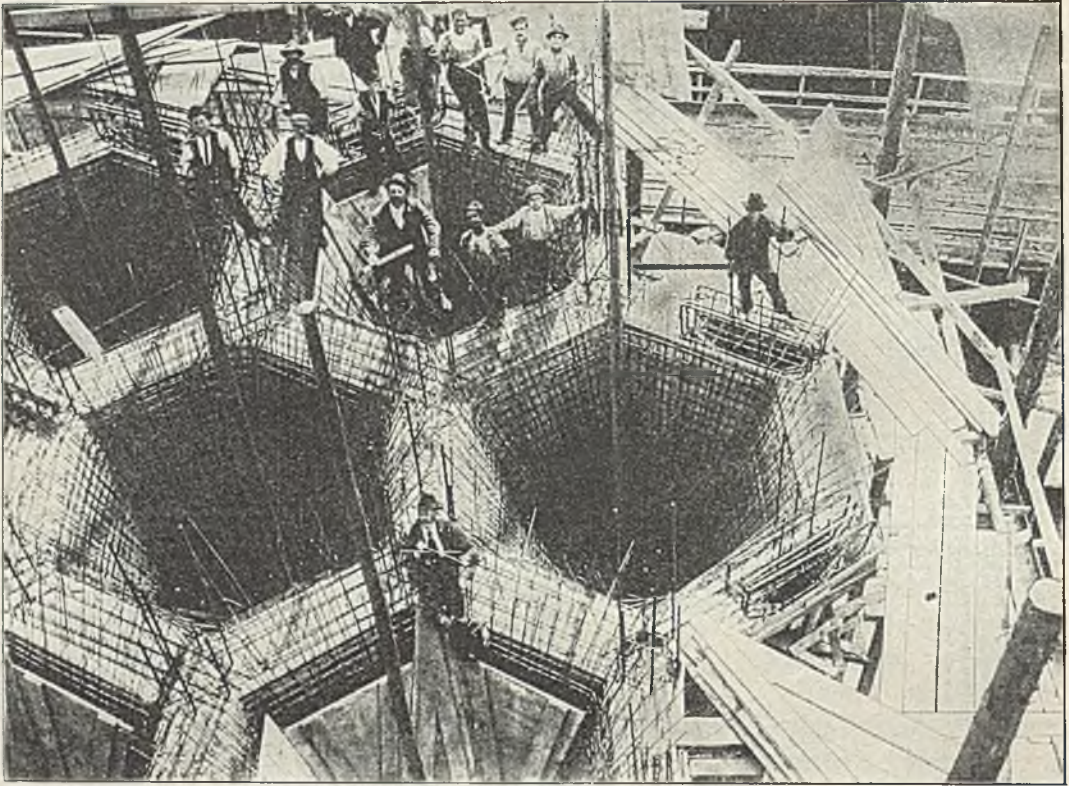


Abb. 147. Zementsilo Itzehoe.

speicher für Zement errichtet worden. der hauptsächlich deshalb interessant ist, weil er den ersten Silo auf dem Kontinent darstellt, der ganz in bewehrtem Beton, also ohne Zuhilfenahme eines anderen Materials wie Beton und Eisen, erbaut wurde.

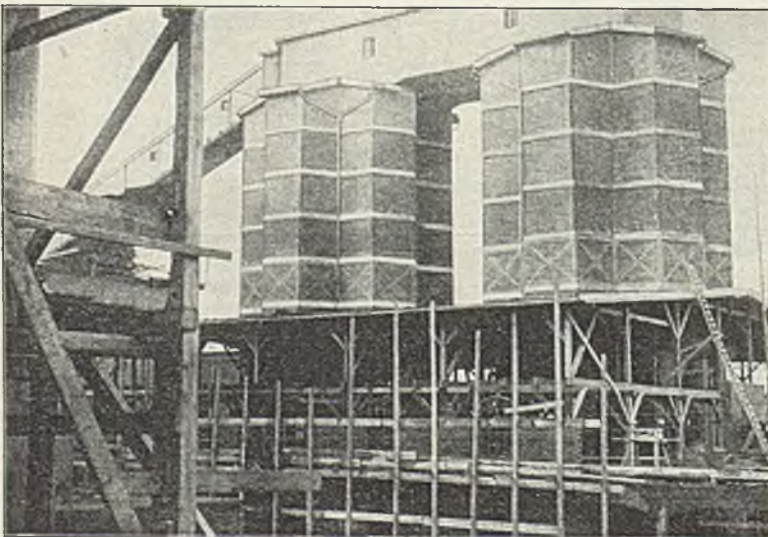


Abb. 146. Zementsilo Itzehoe.

Der Speicher besitzt eine Länge von 30 m und eine Breite von 16,8 m. Er setzt sich aus zwei Reihen zu je sechs Zellen zusammen, von denen jede $4,8 \times 5,0$ m mittleren Horizontalquerschnitt besitzt.

Die vertikalen Trennungswände C_1

der Zellen sind in Abständen von etwa 2,6 m durch vertikale Pfeiler von etwa 0,3 m Breite versteift.

Die Böden *S* haben eine Neigung von nur 25 und 44 vH., sind 22 cm stark und werden von Balken *O*, *N*, *P* getragen, die zu den Längswänden des Speichers parallel laufen.

Oben sind die Zellen durch eine Galerie von 5,24 m lichter Breite verbunden. Den Fußboden der Galerie stellt eine 12 cm dicke Eisenbetonplatte *E* dar; diese überspannt die beiden innenliegenden Zellendrittel und wird von den Balken *F* getragen, die parallel zu den Längswänden des Speichers verlaufen.

Die Dachplatte *J* der Laterne hat 10 cm Dicke und erhält ein Netz von gut verteilten Längs- und Querankern, von denen die ersteren 8 mm Dicke haben und 13 cm weit voneinander verlegt sind. Die Dachplatte an sich steht auf beiden Seiten um 40 cm über das aufgehende Gemäuer *II* hinaus, so daß Dachrinnen bequem angebracht werden können. Eine Firstpfette fehlt,

dagegen sind die Binderbalken in Höhe des Firstes von 30 auf 40 cm verstärkt.

Die Dachpartien seitlich der Laterne haben ebenfalls 10 cm Dicke und stützen sich einmal auf die Balken der Wandflächen *H*, dann auf die Balken *L* und endlich auf die *M* zwischen den Pfeilern *A* der Umfassungswände.

In den beiden Dachplatten *K* selbst ruht ein Netz von Längs- und Querträgern von 8 mm Dicke, welche in 13 cm weiten Abständen verlegt sind.

An der einen Längswand ist dem Speicher ein Schutzdach *Q* vorgelagert, unter dem die anfahrenen Wagen regensicher entladen werden können. Das Schutzdach ist in Eisenbeton ausgeführt und wird von einem System von Konsolen *R* getragen.

Was die Fundierung der Säulen *A*, *B*, *C*, *D* des Speichers anbelangt, so geschah diese in der Weise, daß man die Säulenfüße zu großen Betonplatten ausbildete und die Grundflächen so berechnet sind, daß der gewachsene Boden mit nicht mehr als 2,5 kg für 1 cm² belastet erscheint.

Der Silospeicher hat 1800 m³, kann also 2900 t Zement aufnehmen. Für die Verankerung wurden 50 000 kg Flußeisen verbraucht. Die Bauzeit des Speichers währte nach Maciachinis Angaben drei Monate.

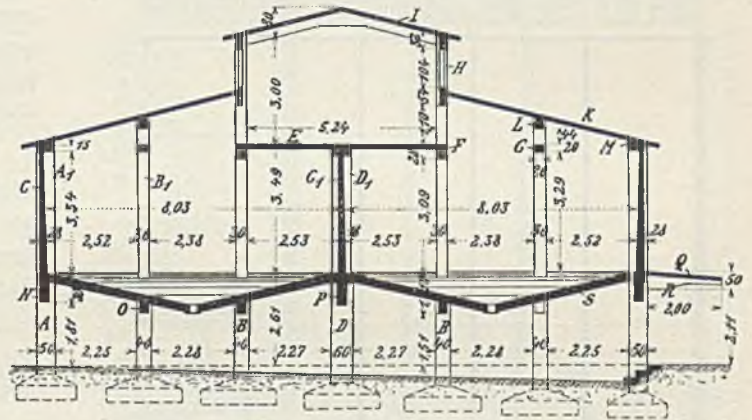


Abb. 148. Querschnitt. Zementsilo Genua.

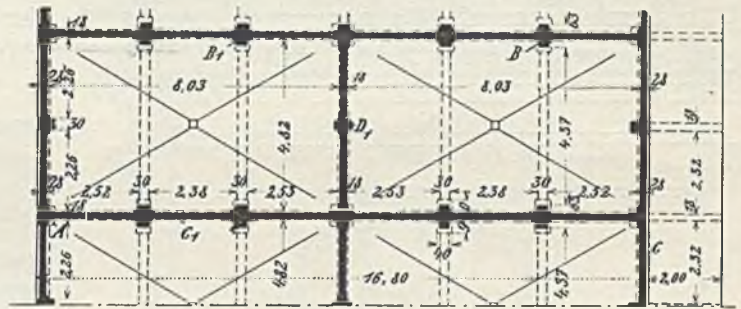
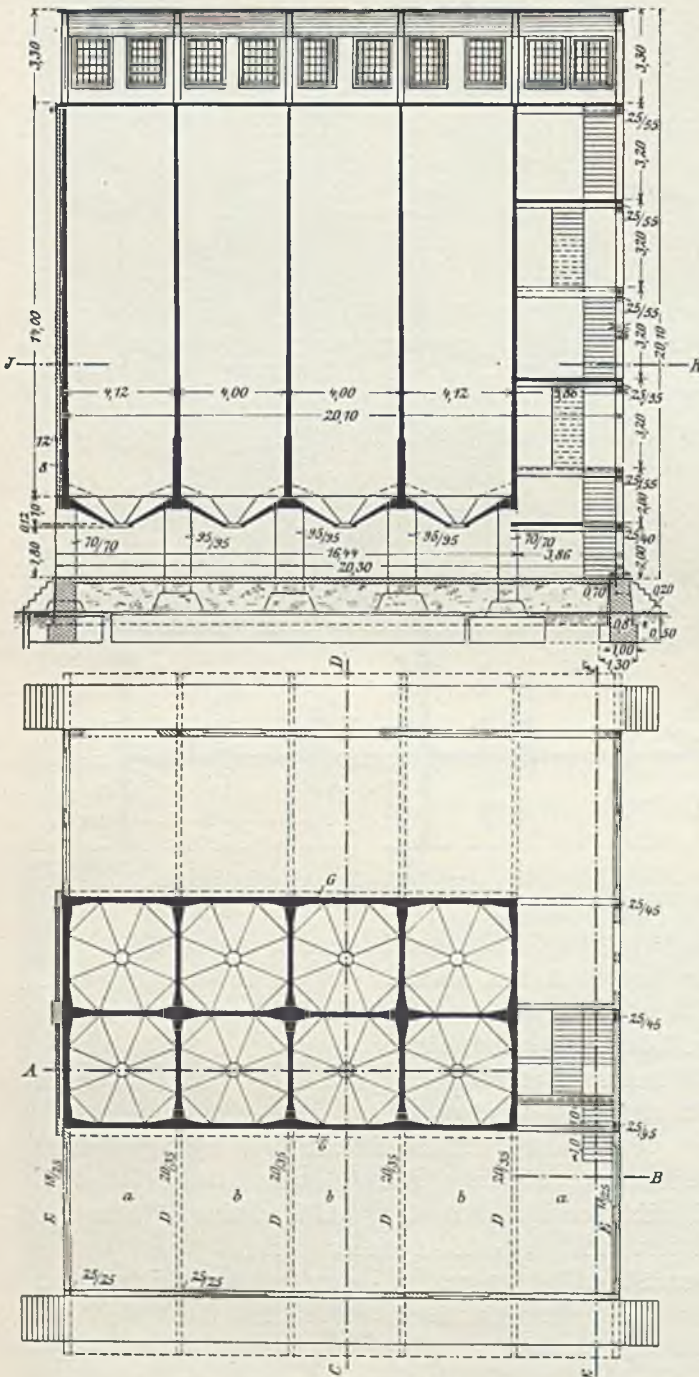


Abb. 149. Grundriß. Zementsilo Genua.

31. Zementsilo für die „Titan“-A.-G., Bukarest (Abb. 150 bis 154).

Abb. 150. Längenschnitt *AB*.Abb. 153. Grundriß.
Zementsilo für die „Titan“-A.-G. Bukarest.

Die Anlage besteht aus dem eigentlichen, aus 8 quadratischen Zellen mit Dachstock zusammengesetzten Silo, den anschließenden 2 Packhallen sowie dem als ausgefachtes Eisenbetongerippe ausgebildeten Treppenhaus.

Die Zellen sind unten mit achteckigen Trichtern versehen und durch Säulen mit Einzel-fundamenten bzw. durch eine Betonmauer abgestützt, die gleichzeitig an den Längsseiten zur Einspannung der auskragenden Rampen dient, welche ihrerseits so angeordnet sind, daß sich ein bequemes Verladen an der Bahn- bzw. Straßenseite ergibt.

Das Material kommt durch eine Schnecke von der Zementmühle in einen im Treppenhaus untergebrachten Elevator an, der es einer im Dachgeschoß befindlichen, zur Zellenfüllung dienenden Schnecke zuführt.

Die Abzapfung des Zementes geschieht mittels besonderer Verschlußvorrichtungen, an die die zu füllenden Säcke angebunden werden.

Eine Neuerung bei diesem Silo in konstruktiver Hinsicht sind die als quadratische spiralbewehrte Säulen ausgebildeten Kreuzungspunkte, wodurch eine Vereinfachung sowohl der Detailierungsarbeit als auch der Einschalung, Bewehrung und Ausführung herbeigeführt wird. Für die Wände sind dann nur gerade Eisen mit Considèrehaken erforderlich.

Der Inhalt der Zellen beträgt 1800 m³.

Entwurf und Ausführung stammt von der Societatea de Beton armat Wladimir de Hertza & Inginer S. Soru, Bukarest.

32. Rohmehlsilo für die „Titan“-A.-G., Bukarest

(Abb. 155 bis 158).

Derselbe enthält ebenfalls 8 quadratische Zellen, und die Trichter sind auch hier als hängende Pyramiden ausgebildet.

Der Inhalt des Silos beträgt 1300 m³.

Entwurf und Ausführung stammt ebenfalls von der Societatea de Beton armat Wladimir de Hertza & Inginer S. Soru.

33. Zementsilo für das Portlandzementwerk Bellerive bei Delle-mont (Schweiz).

Die Abb. 159 bis 161 zeigen Schnitte und Grundrisse des aus 9 quadratischen Zellen mit einem Fassungsraum von 2600 m³ bzw. 3640 t bestehenden Silos, dessen Eigentümlichkeit in den flachen Böden mit je 4 Ausflußöffnungen zu finden ist.

Wo dies nur zugänglich ist — wie im vorliegenden Falle —, soll man stets die Entwurf und Ausführung komplizierenden Trichter vermeiden.

Ausführung: Züblin u. Cie., Straßburg, im Jahre 1910.

34. Rohmehlsilo der Portland-Zementwerke Illigens, Ruhr u. Klasberg in Bochum i. W.

Der Silo besteht aus einer einzigen Kammer mit 22 × 8 m Grundrißabmessung, deren Höhe mit Trichter 13,6 m beträgt. Der Unterbau besteht aus 4 Stützenreihen, welche unter den Außen-

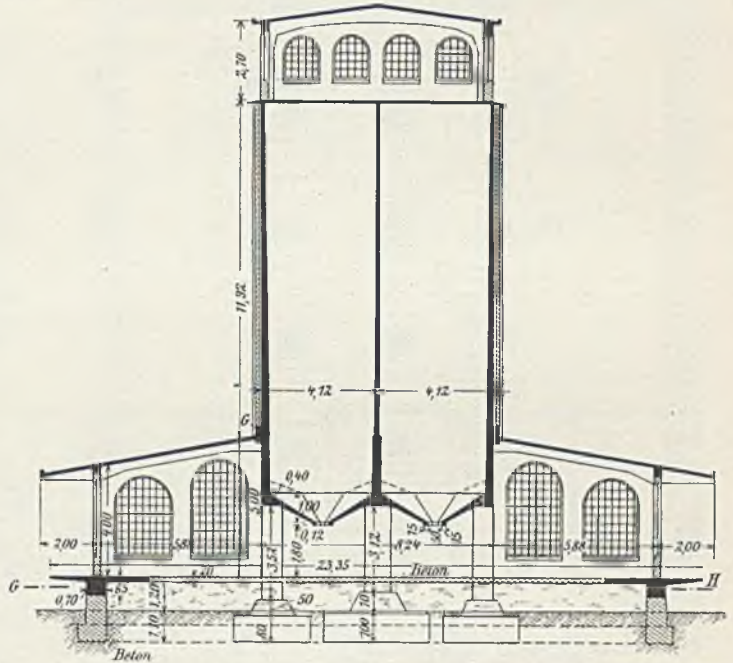


Abb. 151. Querschnitt CD.
Zementsilo für die „Titan“-A.-G. Bukarest.

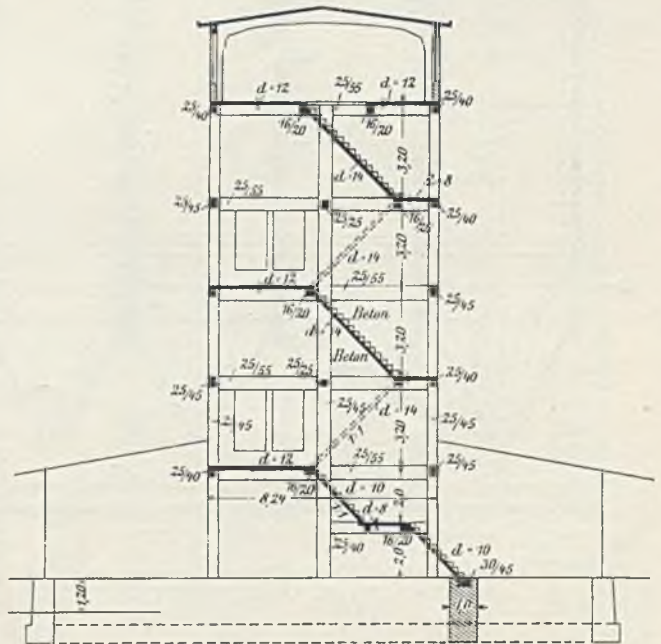


Abb. 152. Querschnitt EF.
Zementsilo für die „Titan“-A.-G. Bukarest.

wänden und am Auflager der Trichterbalken angeordnet sind (Abb. 162 u. 163). Die Längswände sind zwischen gegenseitig verankerte Wandrippen als durch-

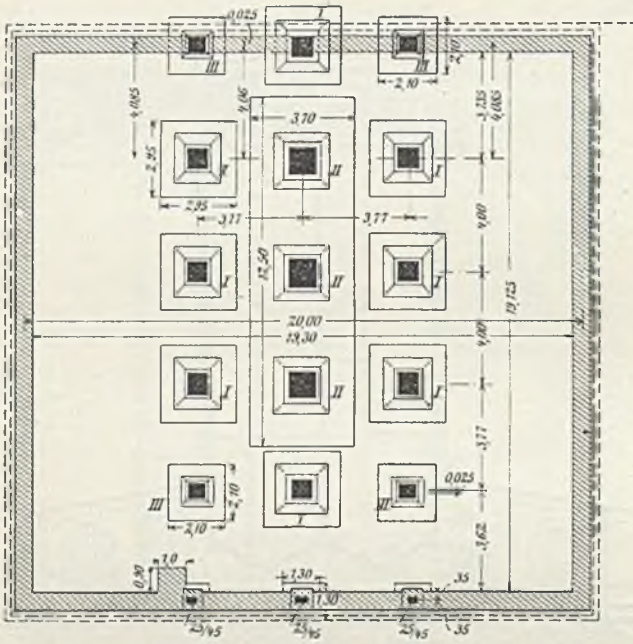


Abb. 154. Grundriß *GH*.
Zementsilo für die „Titan“-A.-G. Bukarest.

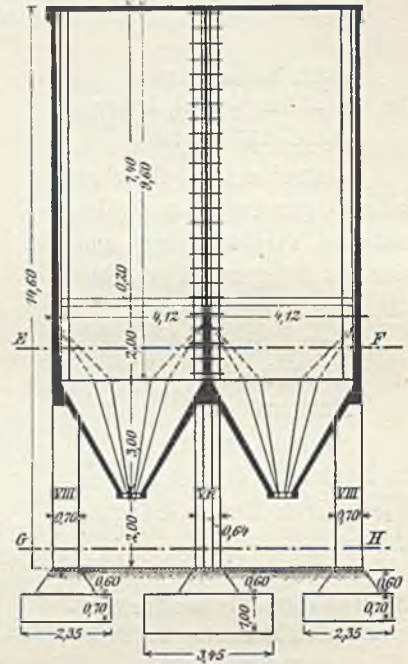


Abb. 156. Querschnitt *CD*.
Rohmehlsilo für die „Titan“-A.-G. Bukarest.

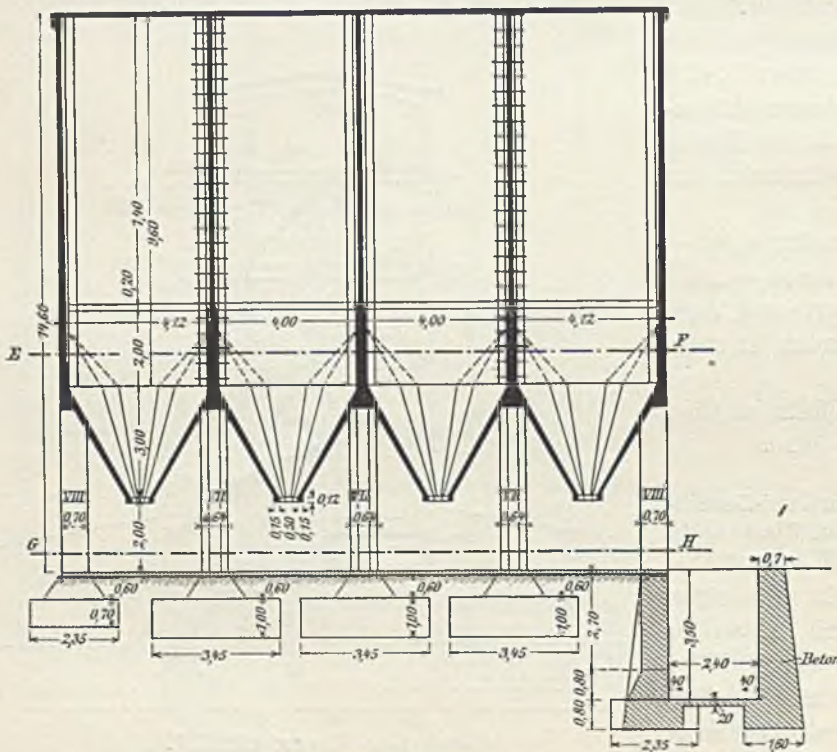


Abb. 155. Längenschnitt *AB*. Rohmehlsilo für die „Titan“-A.-G. Bukarest.

laufende Platten von 2,9 m Spannweite ausgebildet. Die Querabschlußwände spannen sich zwischen lotrechte Rippen, welche sich wieder gegen waagerechte mit den Längswänden verankerte Balken legen. Die Wandrippen bilden mit den deckentragenden Balken für den Winddruck bemessene steife Zweigelenrahmen.

Da das Gelände, auf welchem der Silo steht, angeschütteter Boden war, so wurde die Fundierung mittels 8 m langer gerammter Pfähle und darüber angeordneter Eisenbetonplatte durchgeführt.

Entwurf und Ausführung stammt von der Firma Carl Brandt, Düsseldorf.

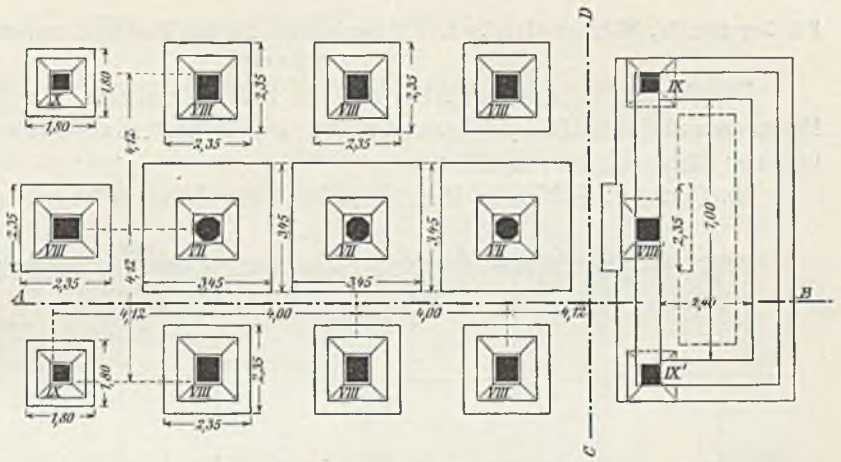


Abb. 157. Grundriß *GH*. Rohmehlsilo für die „Titan“-A.-G. Bukarest.

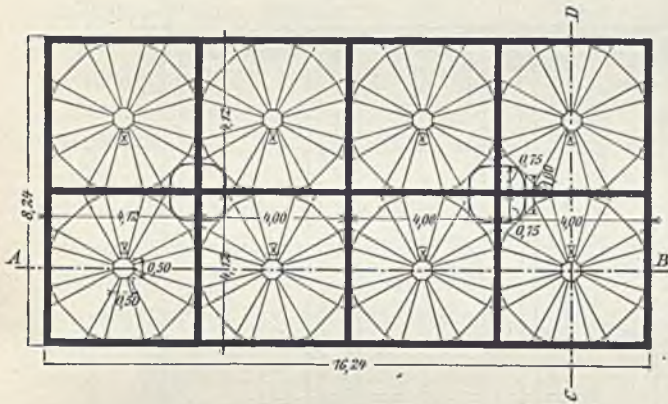


Abb. 158. Grundriß *EF*. Rohmehlsilo für die „Titan“-A.-G. Bukarest.

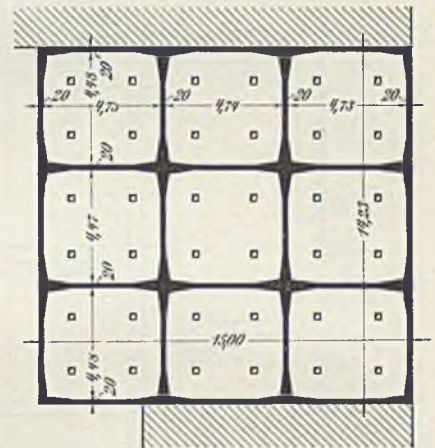


Abb. 159. Zementsilo Bellerive.

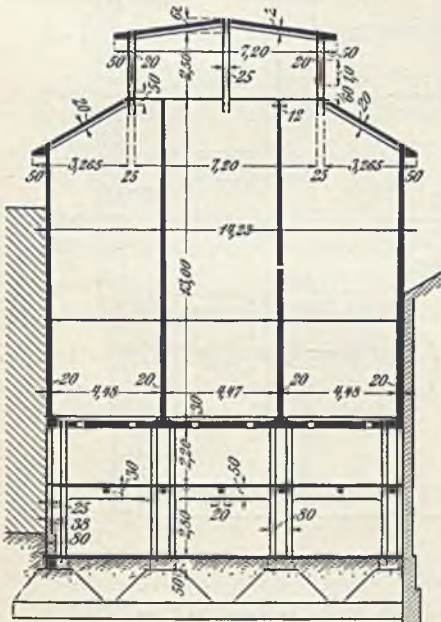


Abb. 160. Zementsilo Bellerive.

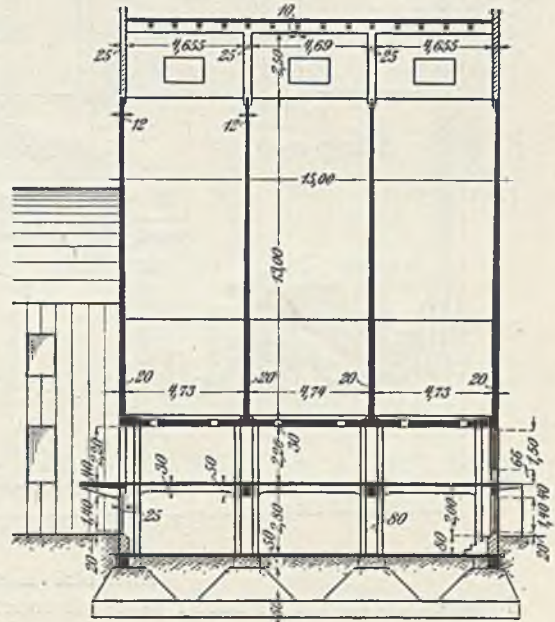


Abb. 161. Zementsilo Bellerive.

35. Zementsilo, Rohmaterialsilo und Rohmehlsilo für das Portlandzementwerk, A.-G., Thayngen, Schweiz.

Die Anlage ist aus den Abb. 164 bis 167 ersichtlich. Der Zementsilo hat einen Fassungsraum von 1560 m³ bzw. 2200 t, der Rohmaterialsilo einen solchen von 520 t und der Rohmehlsilo von 260 t.

Ausführung: Züblin u. Cie., Straßburg, im Jahre 1910.

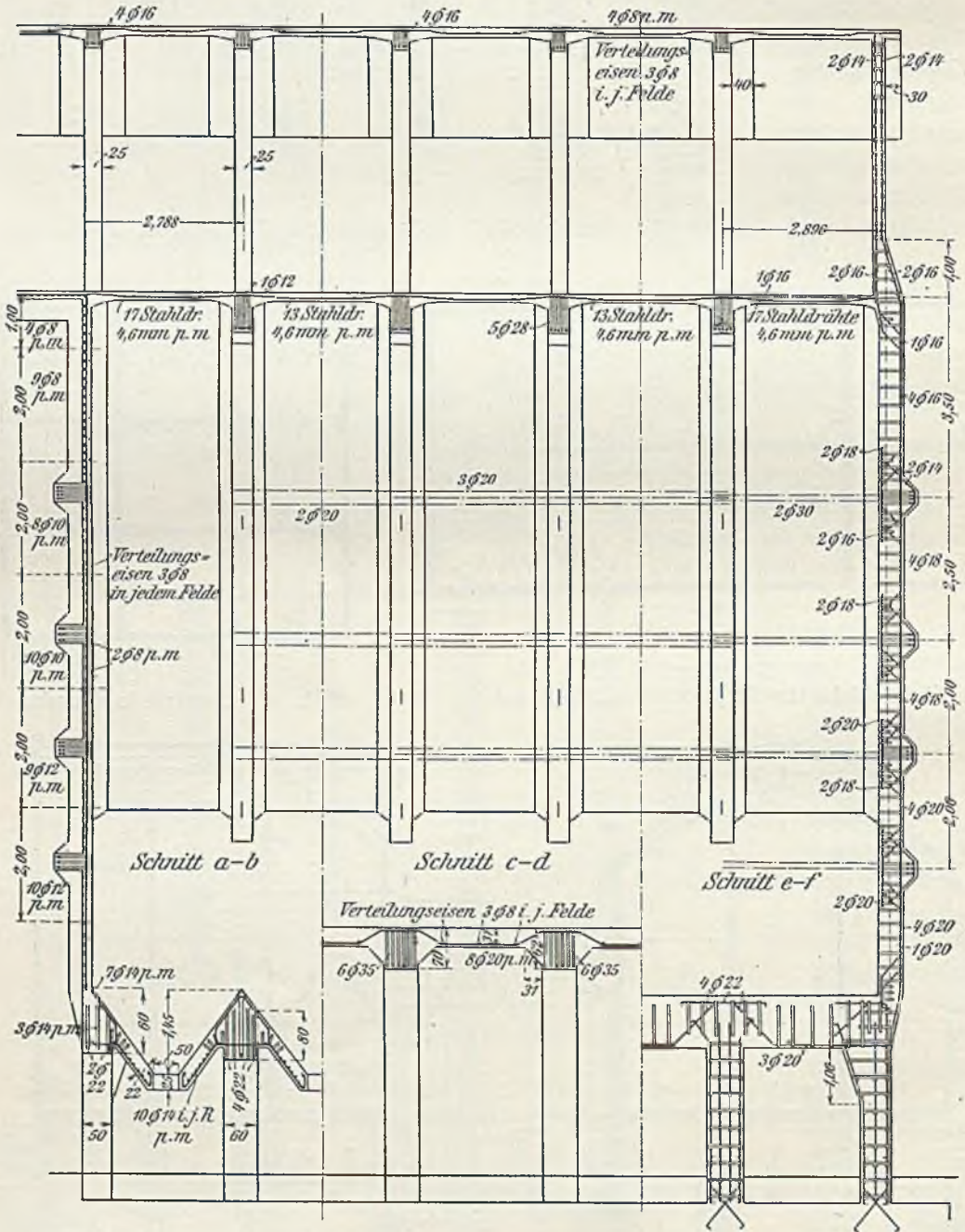


Abb. 162. Längenschnitt.

Rohmehlsilo für die Bochumer Portlandzementwerke Illgens, Ruhr u. Klasberg in Bochum.

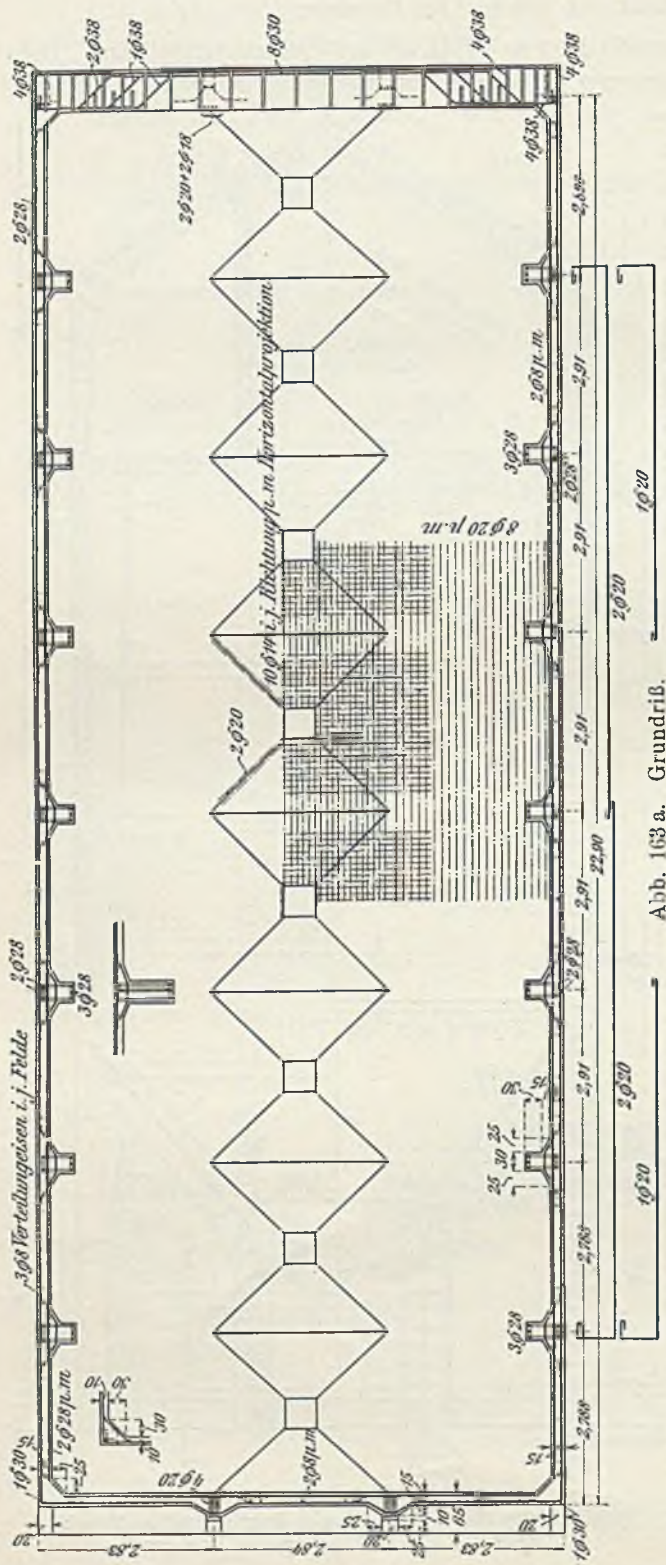


Abb. 163 a. Grundriß. Rohremsilo für die Bochumer Portlandzementwerke Illgens, Ruhr u. Klusberg in Bochum.

Die Trichterschrägwände sind als Koenensche Voutenplatten mit 1,95 m Feldweite für $\frac{pl^2}{18}$ in den Mittelfeldern und $\frac{pl^2}{12}$ in den Endfeldern ausgeführt.

Die Übertragung der Gesamtlast auf den guten Baugrund geschieht durch die Fundamente der vier Außenwände, einer Mittelwand und der beiden Trichtersockel.

Betrieb der Anlage.

Die Beschickung des Silos erfolgt durch von Maschinenkraft betriebene Förderanlage, welche das Karbid aus dem Ofenhouse an den Silo heran- und auf den auskragenden Teil des Lüftungsbodens schafft, von welchem aus die Verteilung auf die Zellen durch Förderschnecken erfolgt. Für die Entnahme des Karbids aus den Zellen sind am Grunde der Trichter die erforderlichen Öffnungen vorgesehen, von denen aus das Fördergut durch Schnecken in die Absackgrube und den Absackraum geschafft wird.

Ausgeführt von der Aktien-Gesellschaft für Beton- und Monierbau, Berlin.

37. Malzsilos für die Löwenbrauerei München (Abb. 171 u. 172).

Derselbe besitzt Zellen von 3,52 × 3,75 m Grundfläche und 16,5 m Höhe. Es sind insgesamt 18 Zellen vorhanden, sechs in der Längsrichtung und drei in der Querrichtung. Die Zellen sind durch Quergänge zugänglich, die durch eine eigenartige Konstruktion entstanden sind, und zwar, indem zwischen je zwei Silozellen

die Querwände im unteren Teil gespalten ausgeführt wurden. Die Kreuzungspunkte der Silowände sind durch Säulen abgestützt, die die Last mittels einer 1 m starken Eisenbetonplatte dem Boden übertragen. Die Außenwände zeigen sichtbare Eisenbetonrippen, deren Felder durch Ziegelmauerwerk verkleidet sind. Zwischen diesem und den äußeren Silowänden ist eine isolierende Luftschicht offengelassen. Im übrigen verweisen wir auf die ausführliche Beschreibung des Bauwerks in der Zementbeilage der Deutschen Bauzeitung (2. Jahrg. 1905, Nr. 11).

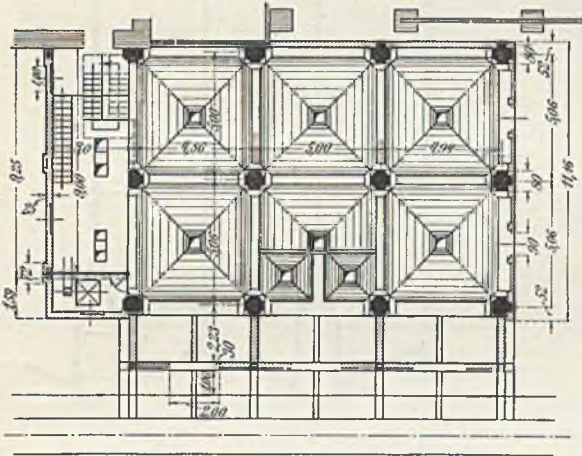


Abb. 164. Zementsilo Thayngen. Erdgeschoß, Grundriß.

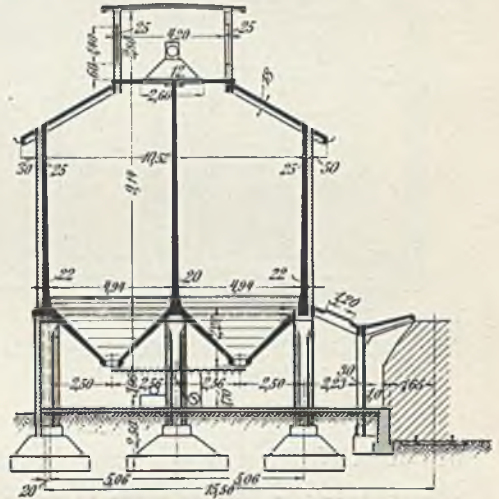


Abb. 166. Zementsilo Thayngen. Querschnitt.

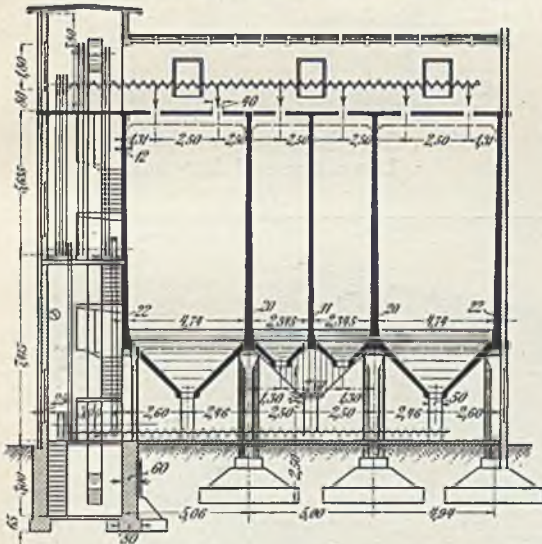


Abb. 165. Zementsilo Thayngen. Längenschnitt.

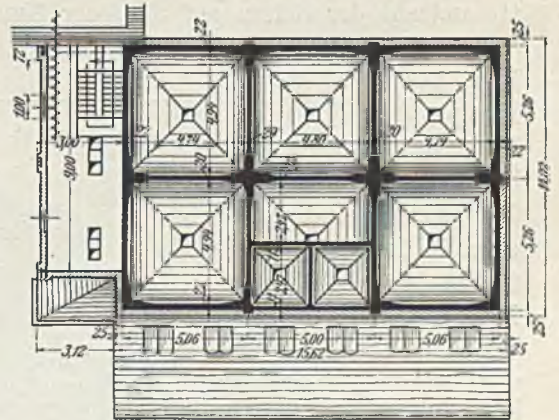


Abb. 167. Zementsilo Thayngen.

Ausgeführt von der Firma Eisenbeton-Gesellschaft m. b. H. (Heilmann u. Littmann und Ways u. Freytag, A.-G.) im Jahre 1903.

38. Erweiterung der Getreidesilos, Genua.

Die Erweiterungsbauten des in den Jahren 1899/1901 von Ingenieur Porcheddu, dem Vertreter Hennebiques, erbauten Silos umfassen außer Erhöhung des bestehenden Teiles um ein bis zwei Stockwerke, einem Anbau und inneren Änderungen einen in

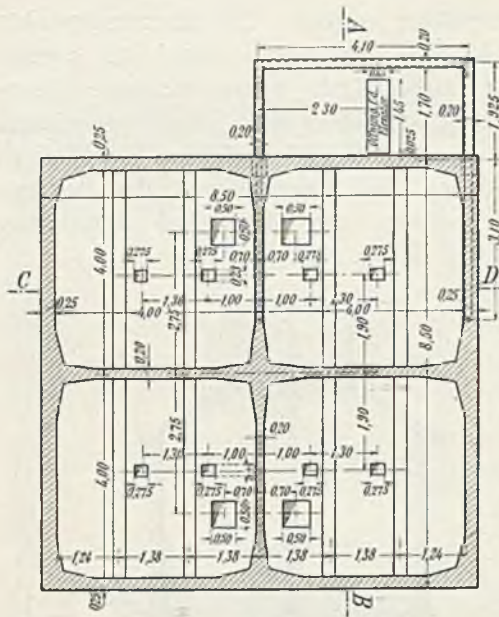


Abb. 168. Grundriß. Kalkstickstoffsilo für das Karbidwerk Mühlthal.

den Abb. 173 bis 178 wiedergegebenen Neubau von 126 Zellen mit rd. 17 000 t Nutzinhalt nebst zugehörigen Schütthöden, Lager- und Bureauräumen. Hierdurch wird die Gesamtzahl der Zellen auf 344, der Nutzinhalt auf 45 000 t erhöht, und stellt dieser Bau den größten Silo Europas dar. Besonderes Interesse verdient die bedeutende Foundation. Der Untergrund, eine etwa 50 Jahre alte Auffüllung einer kleinen ins Land einspringenden seichten Hafengebucht, erwies sich von mächtigen Grundmauern eines alten Zollschuppens durchzogen, also sehr ungleichmäßig, und erforderte eine allgemeine Grundplatte, welche die riesige Last des Bauwerks gleichmäßig mit $1,7 \text{ kg/cm}^2$ auf das Erdreich überträgt. Die gewölbte

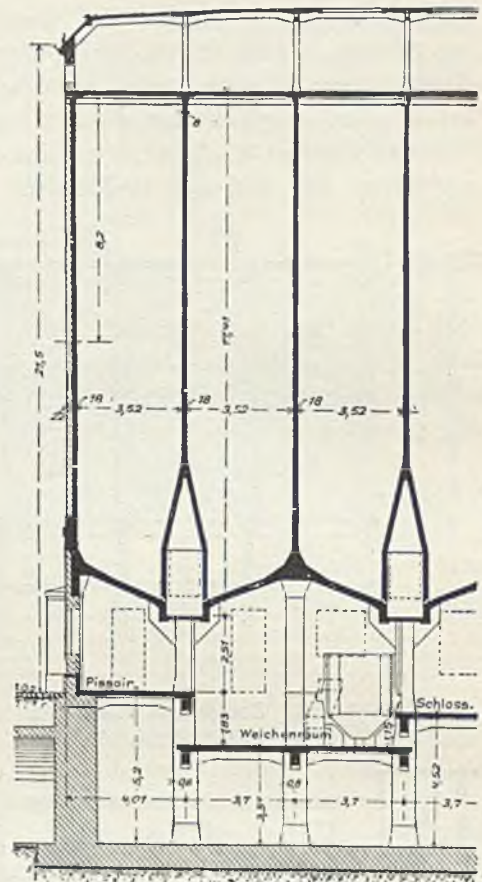


Abb. 171. Querschnitt. Malzsilo der Löwenbrauerei München.

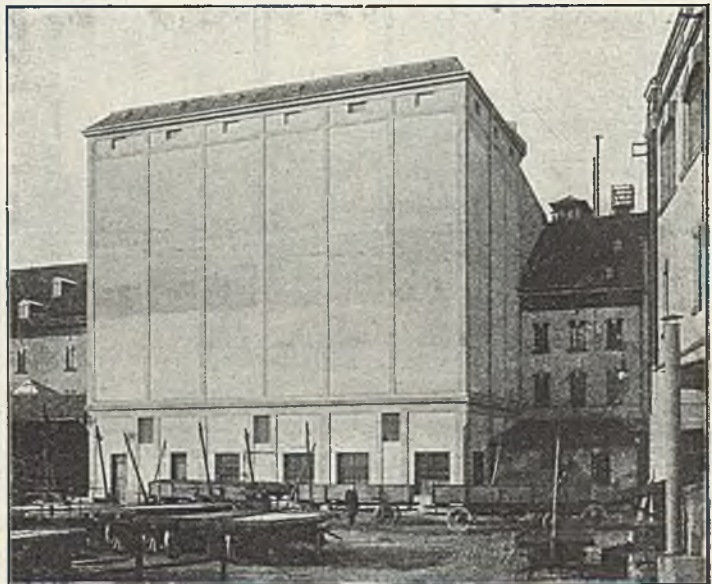


Abb. 172. Ansicht. Malzsilo der Löwenbrauerei München.

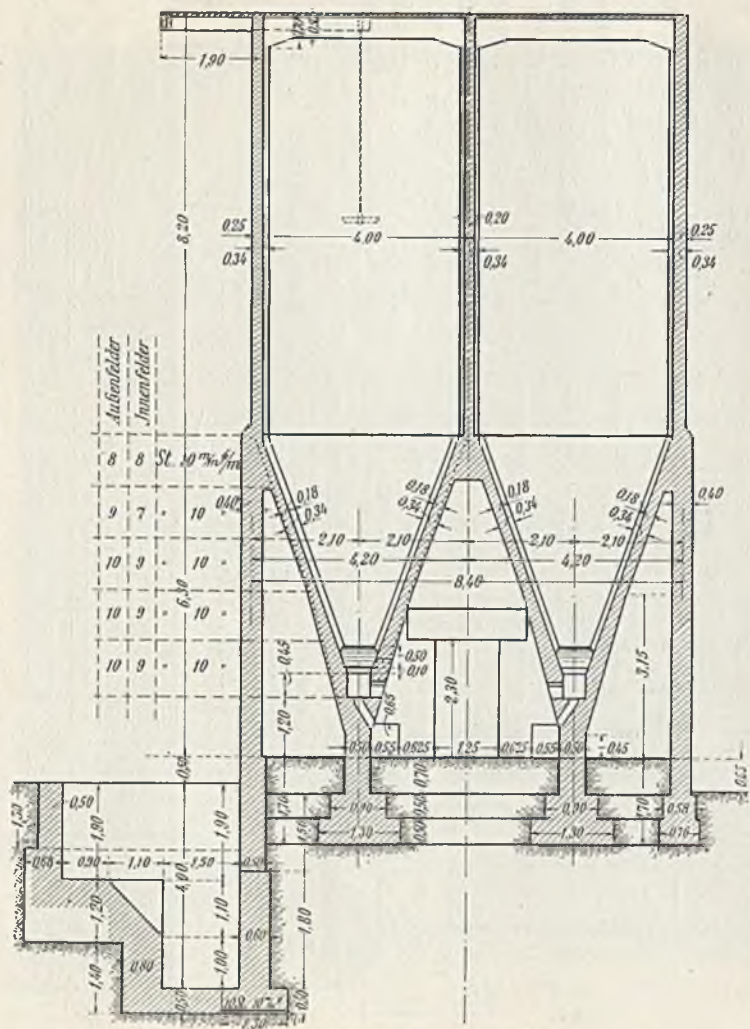


Abb. 169. Schnitt AB.

Kalkstickstoff-Silo für das Karbidwerk Mühlthal.

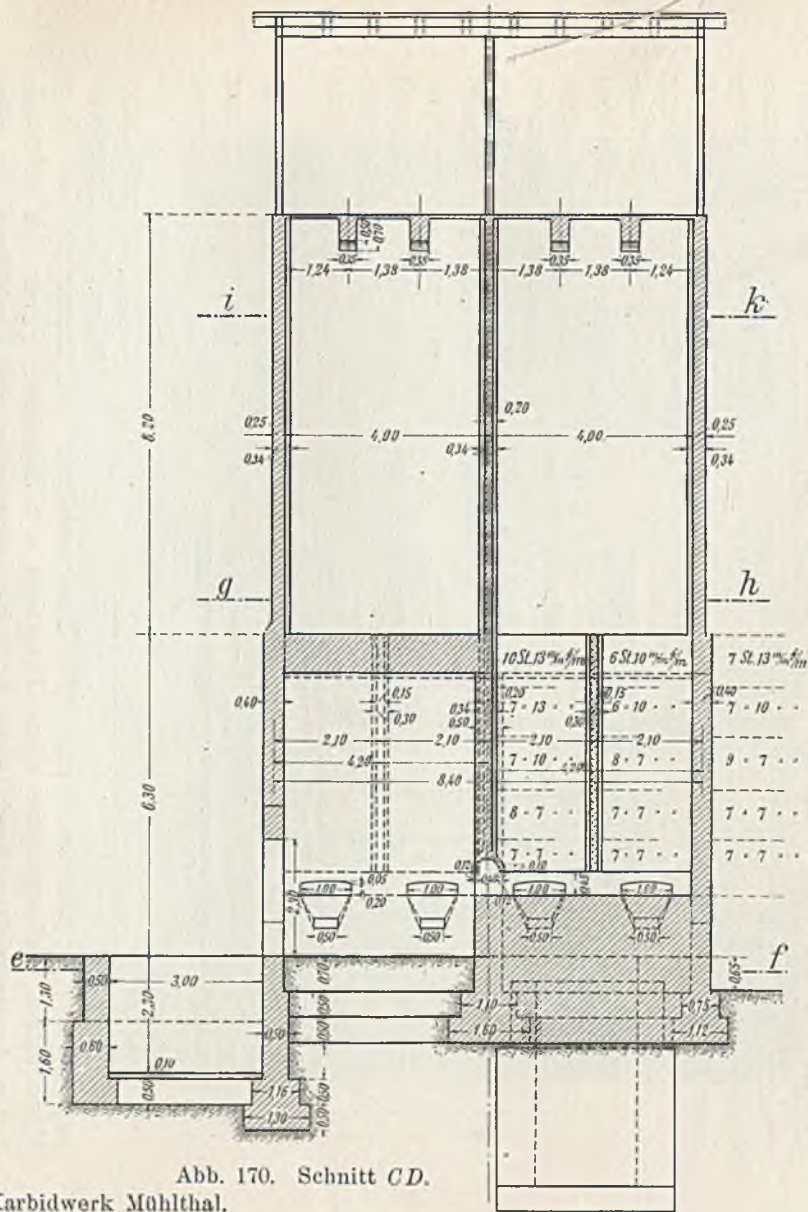


Abb. 170. Schnitt CD.

Konstruktion für diese Platte mit untenliegenden Zugvouten und geringer Trägerhöhe zwischen den Pfeilern in der Längsrichtung ergab sich einmal aus der Forderung einer ebenen Oberfläche, sodann aber namentlich aus Rücksicht auf den etwa 30 cm unter Unterkante liegenden Hafen- und gegen Berg ansteigenden Grundwasserspiegel.

Für die Ausführung boten besondere Schwierigkeit die unter den beiden ununterbrochen in Betrieb stehenden Gleisen gegen den Hafen befindlichen Mauerwerksmassen, deren Ausbruch nebst Ersatz durch die allgemeine Grundplatte den Betrieb nicht eine Stunde störte.

Beachtenswert ist ferner die Anordnung von drei Ladegleisen unter dem eigentlichen Silokörper mit Laderampen in Eisenbeton

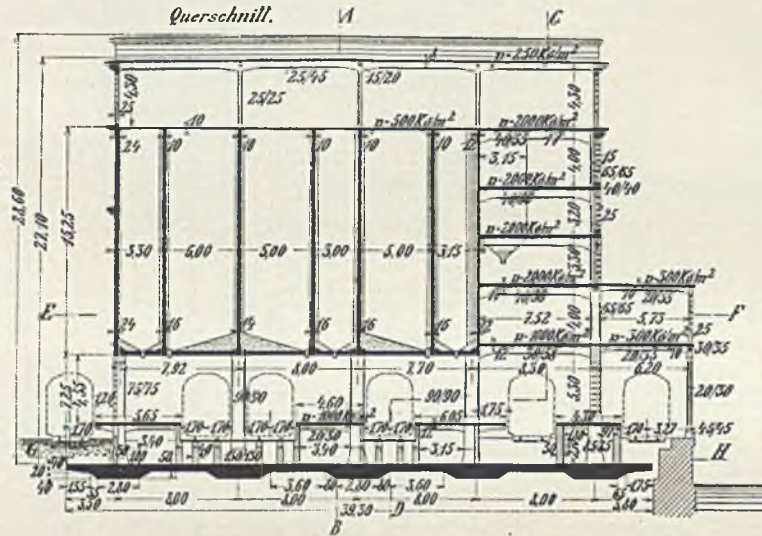


Abb. 173. Getreidesilo Genua.

und darunter befindlichen Gängen für Transportbänder und Luftzirkulation. Diese Konstruktion verlangte eine ebene Untersicht der Siloböden, Ersatz der gebräuchlichen Auslaufrichter durch einen Schlackenbetontrichter und Ausbildung der Silowände als Tragwände.

Alle tragenden Konstruktionsglieder auch im Vor- und Anbau gegen Meer sind in Eisenbeton, Füllglieder untergeordneter Wände in Stampfbeton unter Ausschluß jedes natürlichen oder künstlichen Bausteins ausgeführt, so daß der nach lokaler Sitte auch in seinem Äußeren reich ausgestaltete riesige industrielle Palast ein gewaltiges Zeugnis für die neue Bauweise darstellt.

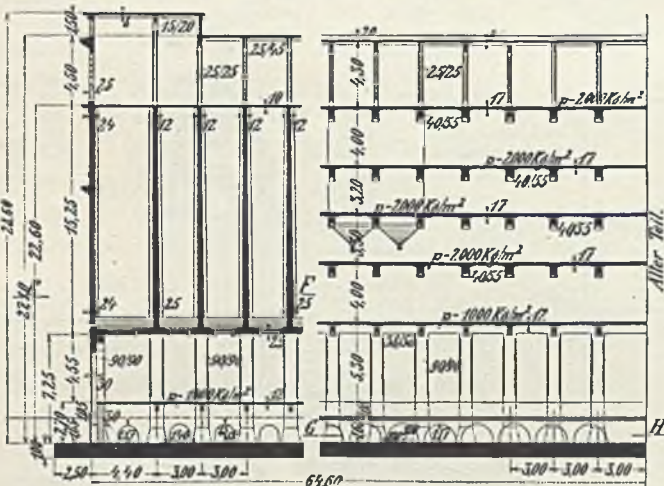


Abb. 174. Längenschnitt. Getreidesilo Genua.

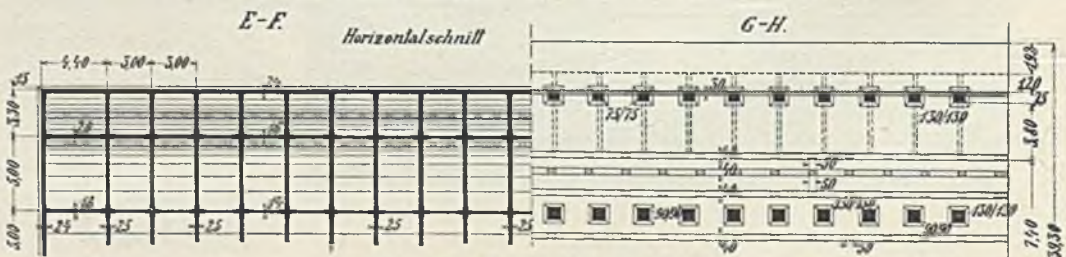


Abb. 175. Getreidesilo Genua.

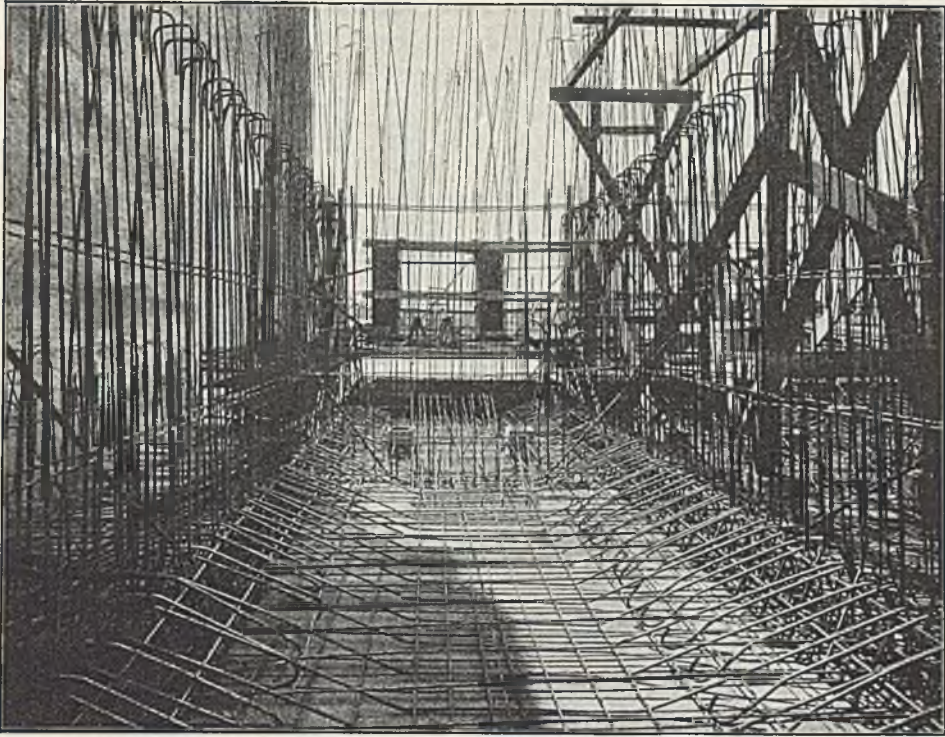


Abb. 176. Eiseneinlagen der Siloböden. Getreidesilo Genua.

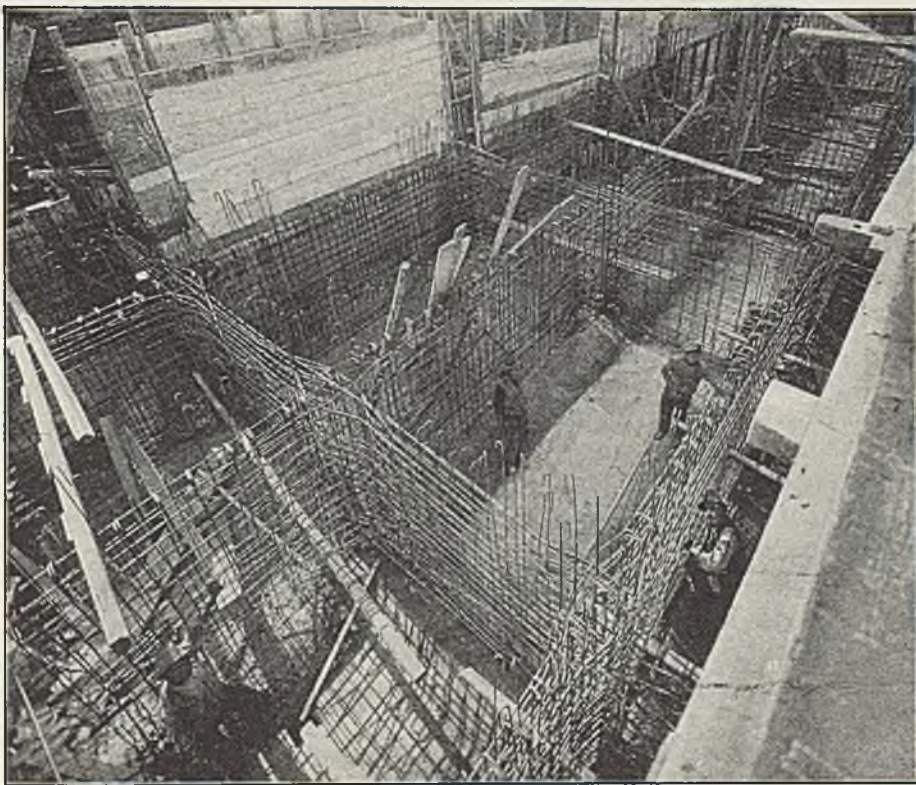


Abb. 177. Eiseneinlagen der Zellen. Getreidesilo Genua.

Für die Konstruktion dienten Eisen deutscher Herkunft (Rombach und Kneuttingen) und Portlandzement aus der Fabrik Filli Palli Caroni Deaglio Plo, Casale (Urvufernato). Als Kies wurde hauptsächlich das scharfkörnige und saubere Meerematerial, in geringerem Maße Flußkies und Kalksteinschlag verwendet. Die Verwendung von Seesand und -kies ist in Genua allgemein und bei dem geringen Salzgehalt und der reichlichen Verwendung von Süßwasser absolut unschädlich.

Ausgeführt von der Firma Ways u. Freytag, A.-G.



Abb. 178. Gesamtansicht. Getreidesilo Genua.

39. Getreidesilo für die Kunstmühle, A.-G., Worms (Abb. 179 bis 182).

Das besondere Merkmal dieses Silos, der 16 rechteckige Zellen, einen Grundriß von 16×16 m und eine Höhe von rd. 30 m, wovon 23 m auf die Zellen entfallen, aufweist, besteht in der runden Form der äußeren Zellenwände sowie in dem Umstande, daß hier von den sonst üblichen Verkleidungswänden aus Backsteinmauerwerk Abstand genommen wurde. Wie bereits eingangs dieses Kapitels unter „Allgemeines“ gezeigt wurde, sind bei Eisenbetonsilos besondere Verkleidungen, die einen Schutz gegen äußere Witterungseinflüsse bieten sollen, deshalb entbehrlich, da die Eisenbetonwände selbst ohne jede Gefahr für die Konstruktion oder das aufgespeicherte Getreide bei angemessener Stärke diesen Schutz bilden können. Im vorliegenden Fall ist die Stärke der Außenwände mit 25 cm angenommen worden, obwohl in statischer Hinsicht, namentlich mit Rücksicht auf die runde Ausbildung, wobei nur Zugspannungen in Betracht kommen, eine viel kleinere Stärke ausgereicht hätte.

Der Silo ruht auf sechs Mittel-, sechs Rand- und vier Ecksäulen. Die Säulen verteilen mittels einer 90 cm starken Stampfbetonplatte den Druck gleichmäßig auf den Boden, so daß sich eine Bodenpressung von rd. 2 kg/cm^2 ergibt. Die großen Zellen sind durch 8 cm starke schiefe Vordächer abgedeckt, die auf die Zellenwände aufgelagert und mit denselben fest verbunden sind, so daß bei der Berechnung teilweise Einspannung angenommen werden konnte. Über den kleinen Zellen befindet sich als Abschluß eine ebenfalls 8 cm starke und in die Zellenwände eingespannte Decke. Über dieser Decke erhebt sich das Mitteldach von 8 cm Stärke, das durch rahmenartige

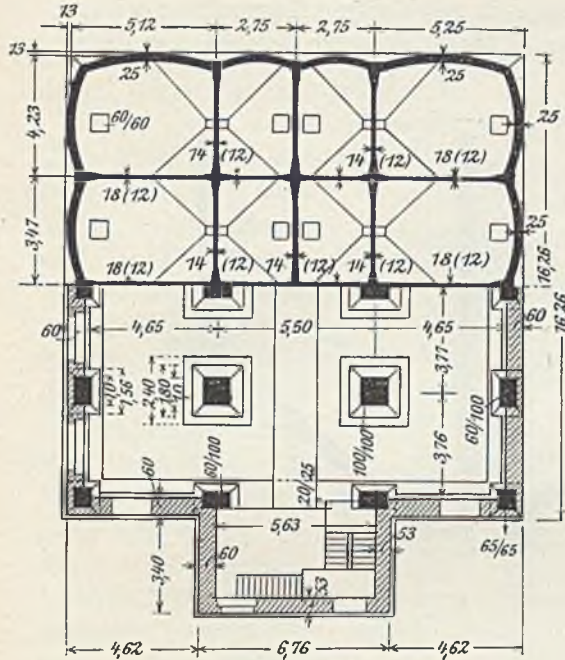


Abb. 179. Grundrisse. Getreidesilo Worms.

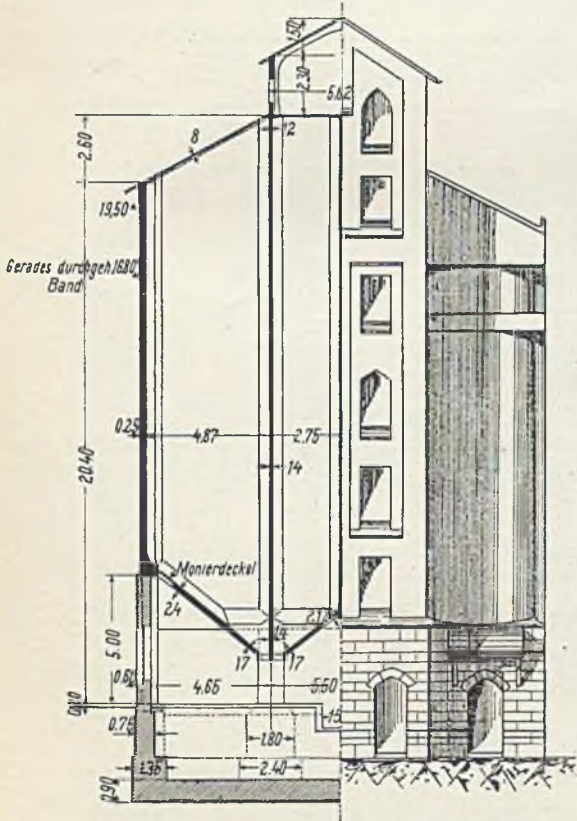


Abb. 180. Querschnitt und Ansicht.
Getreidesilo Worms.

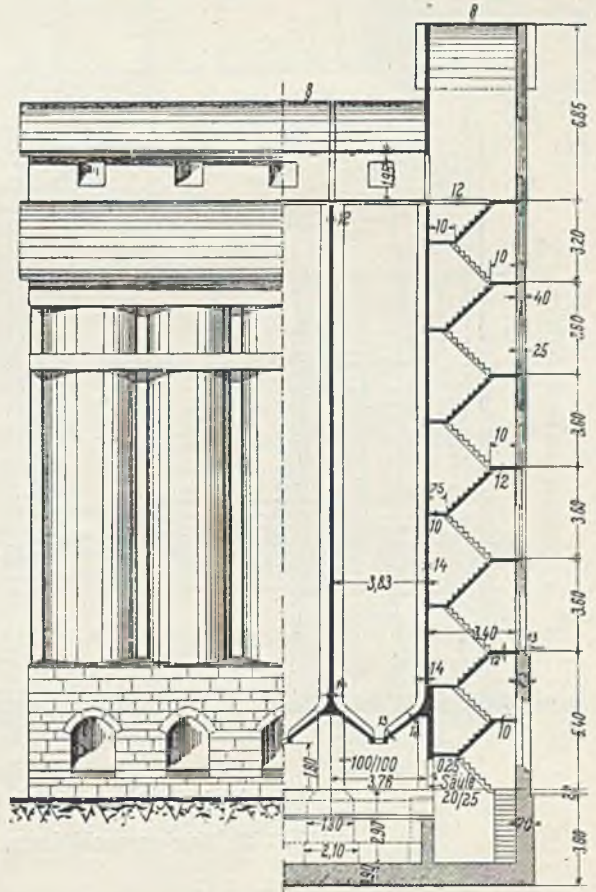


Abb. 181. Ansicht und Längenschnitt.
Getreidesilo Worms.

Träger getragen wird. Letztere sind als eingespannte Rahmen mit steifen Eckverbindungen berechnet und konstruiert. Die Berechnung der Zellen geschah in der im theoretischen Teil gezeigten Weise als für einen in sich geschlossenen kontinuierlichen Träger. Der Berechnung der Seiten- und Bodendrücke wurde zugrunde gelegt: $\gamma = 760 \text{ kg/m}^3$; φ (Reibungswinkel des Materials) = 26° ; φ_1 (Reibungswinkel des Materials auf Silowand) = 18° . Das Zahlenbeispiel auf Seite 31 ist diesem Silo entlehnt. Die Böden werden von zwischen den Säulen gespannten Trägern getragen. Die Eisen in den Böden sind senkrecht zu den Bodenneigungen abgelenkt. Da die verschiedenen Böden sich pyramidenartig ineinander verschneiden und so einen

hängenden Trichter bilden, müssen sie als eine in sich geschlossene Konstruktion wirken; deshalb greifen die Eisen des einen Bodens etwa 40 bis 60 cm in die benachbarten Böden.

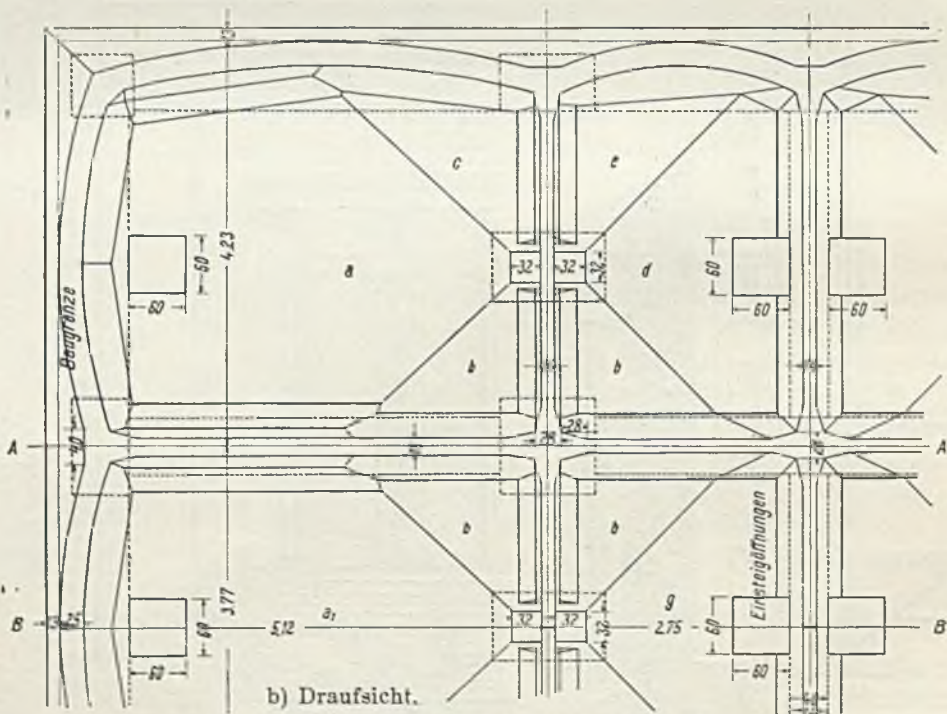
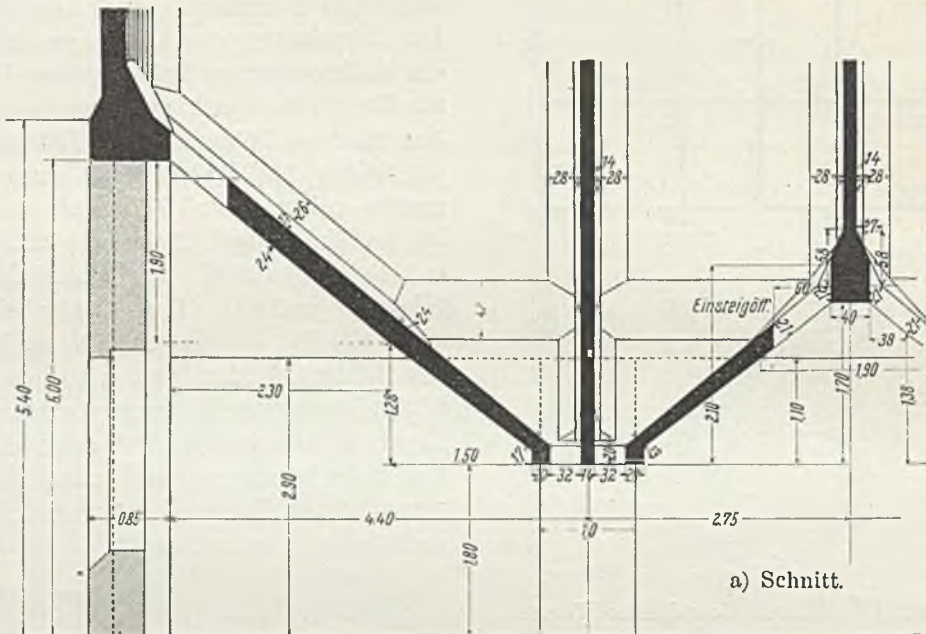


Abb. 182. Trichterausbildung. Getreidesilo Worms.

So ist durch dieses Übergreifen der Eisen sowie der vorgesehenen Vouten eine gewissermaßen steife Ecke gesichert, die allen auftretenden Beanspruchungen gerecht wird.

Zwecks Reinigung der Silos ist für jede Zelle eine Einsteigöffnung 60×60 cm angeordnet worden, die mit einem 5 cm starken, durch Winkeleisen eingefassten Monierdeckel abgeschlossen werden kann.

Der Raum unter den Zellen ist durch eine sich bis 5 m über Terrain erhebende 60cm starke Mauer umschlossen. Die Wände des Treppenhauses sind ebenfalls ganz in Backsteinen ausgeführt. Zur besseren Steiligkeit und Stabilität dieser hohen

Treppenhauswände sind von 5 m ab zwei Eck- und eine Mittelsäule angeordnet, die durch die großen Podeste und herumgehenden Eisenbetonbänder gegeneinander versteift sind.

Um eine günstige architektonische Wirkung zu erzielen, wurde in der Höhe von 17 m ein gerades vorspringendes Eisenbetonband von 60 cm Höhe herumgeführt; ferner ist der obere Teil der Giebelseiten äußerlich eben gehalten. Die runden Wände sind mit einem ganz groben Spritzwurf behandelt, zum Unterschied der 40 cm breiten, glatten und mit einer hellen Naturfarbe angestrichenen Lisenen, die die einzelnen Bogen voneinander trennen.

Gerstensilo für Kaisers Kaffeegeschäft, Spandau

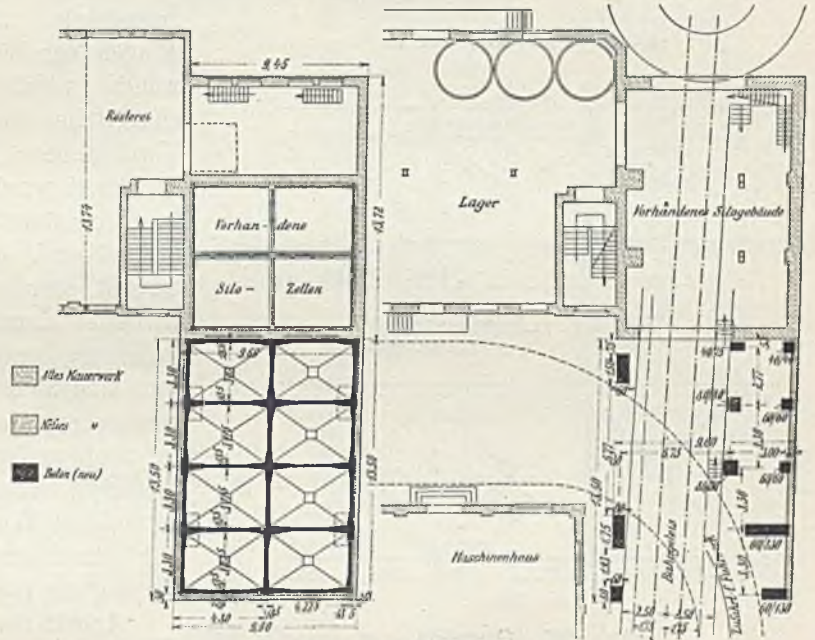


Abb. 183. Grundriß.

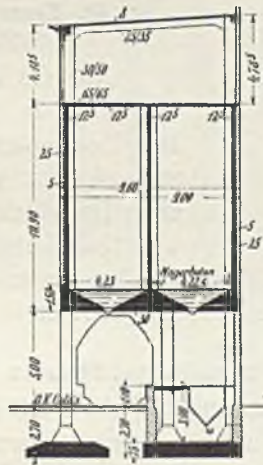


Abb. 184. Querschnitt.

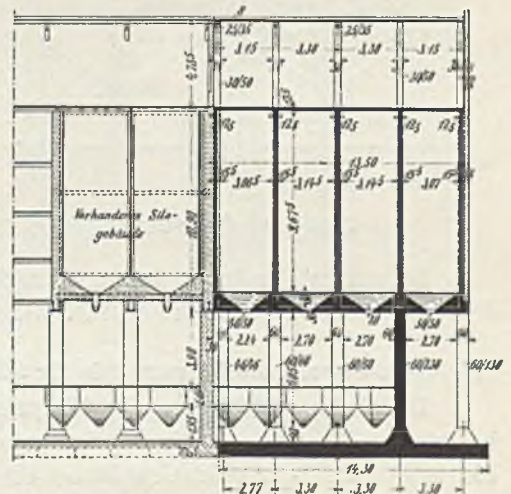


Abb. 185. Längenschnitt.

Hinsichtlich des Betriebes ist zu erwähnen, daß das Getreide direkt aus den Schiffen mittels Elevatoren durch das angebaute Treppenhaus auf die Decke über den mittleren Zellen gebracht wird und von da durch die Einlaufrohre in die verschiedenen Zellen geht. Die Entleerung der Zellen geht durch die Auslaufschnauzen vor sich, die mit einer Transportschnecke in Verbindung stehen. Durch letztere und die Elevatoren wird das Getreide der angrenzenden Mühle zugeführt.

Der Silo hat einen Füllinhalt von $3950 \text{ m}^3 = 3000 \text{ t} = 30\,000 \text{ Sack}$ und wurde von der Firma Waysss u. Freytag in $3\frac{1}{2}$ Monaten schlüsselfertig ausgeführt.

40. Gerstensilo für Kaisers Kaffeegeschäft, Spandau.

Die Anlage ist aus den Abb. 183, 184 u. 185, welche Grundriß und Schnitte darstellen, ersichtlich. Der Boden ist horizontal und erhält zur Erzielung der Trichter eine entsprechende Aufbetonierung. Zum

Kornspeicher Großbeeren.

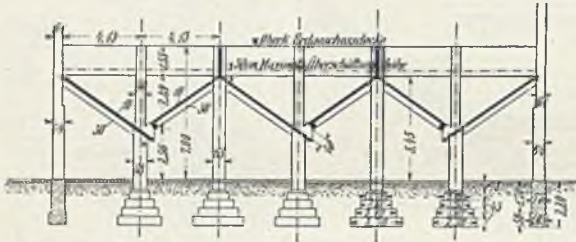


Abb. 186. Längenschnitt.

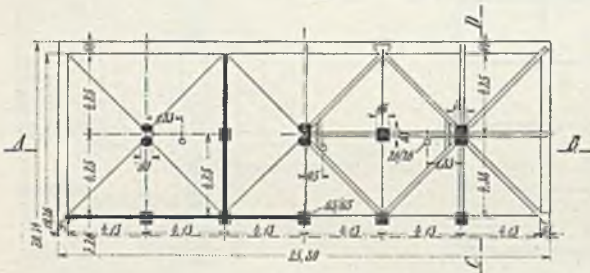


Abb. 187. Grundriß.

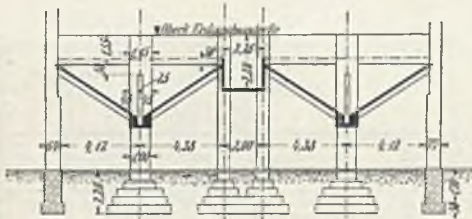


Abb. 188. Querschnitt.

Tragen der Böden dienen die Zellenwände, welche dementsprechend auf eine Höhe von etwa 3 m als in der Vertikalebene sich biegende Träger berechnet wurden. Wegen der Eisenbahndurchfahrt konnten die Säulen nicht überall an die Kreuzungspunkte gestellt werden, was zu einer verwickelten Konstruktion führte. Zwecks Isolierung gegen äußere Einflüsse ist noch eine 25 cm starke Backsteinmauer vorgesehen, die so angeordnet ist, daß ein isolierender Luftraum von 5 cm verbleibt. Diese Umkleidung ist auf besonderen Wunsch des Bauherrn erfolgt, trotzdem die Firma Waysss u. Freytag sie für entbehrlich hielt.

Inhalt des Silos $1200 \text{ m}^3 = 900 \text{ t}$ Gerste.

41. Kornspeicher Großbeeren

(Abb. 186 bis 188).

Nur die Trichterlage samt Unterbau sind in Eisenbeton ausgeführt. Der Bau oberhalb der Trichter, bestehend aus vier Etagendecken und einer Dachdecke, ist dagegen aus Eisen und Holz hergestellt.

Letzterem Umstande ist es zuzuschreiben, daß bei einem ausgebrochenen Brande der ganze Oberbau zerstört wurde, während die Eisenbetonteile standhielten.

42. Getreidesilo Klostermühle für Schulze u. Hoppe, Spandau (Abb. 189 bis 192).

Die Anlage besteht in der Hauptsache aus 12 Zellen mit flachen Böden und aufbetonierten Trichtern. Die Fundamente sind in einzelne Eisenbetonstreifen aufgelöst, die wegen des sehr schmalen Baues eine wertvolle Querversteifung ergeben.

Der Bau wurde von der Firma Waysss u. Freytag schlüsselfertig ausgeführt.

Inhalt 1300 t Schwergetreide.

43. Malzsilo für die Firma J. Eisenberg, Iversgehofen.

Bei diesem Silo (Abb. 193 bis 195) sind die Trichter, um der idealen Kegelform näherzukommen, als achtseitige Pyramiden ausgebildet.

Die beim Malzsilo eingezeichneten, sehr starken Umfassungswände aus Backstein-

mauerwerk, die zur Isolierung dienen sollen, sind ohne Zutun der ausführenden Firma auf direkten Wunsch des Bauherrn ausgeführt.

Der Inhalt des Silos, der übrigens für Schwergetreide berechnet ist, beträgt $5720 \text{ m}^3 = 3000 \text{ t Malz}$.

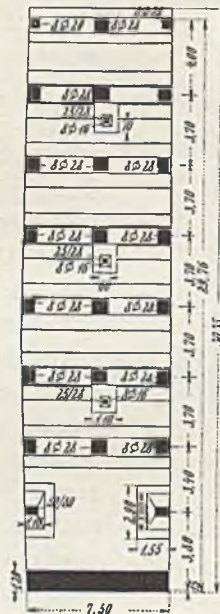
44. Malzsilo Aktienmalzfabrik Cönnern
(Abb. 196, 197 u. 198).

Diese in der Hauptsache aus 27 Zellen bestehende Anlage ist nach ähnlichen Prinzipien wie die vorhin beschriebene Anlage in Ilversgehofen ausgeführt.

Die Säulen sind achteckig mit Spiralbewehrung. Inhalt $6200 \text{ m}^3 = 3250 \text{ t Malz}$.

45. Die neuen Speicheranlagen auf dem Holm in Danzig.¹⁾

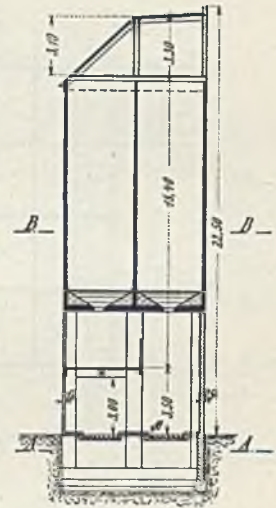
Der Mangel an großräumigen, mit modernen Maschinen eingerichteten Speichern in Danzig und Neufahrwasser hatte im Jahre 1908 dazu geführt, daß die Eisenbahndirektion Danzig infolge der großen, durch die günstige Ernte verursachten plötzlichen Getreideankünfte sich veranlaßt sah, mit kleinen Unterbrechungen die Bahnhöfe Danzig und Neufahrwasser zu sperren. Hierdurch sind für die produzierenden Landwirte und für die Kaufleute schwere Verluste entstanden. Da sich auch in den folgenden Jahren zeigte, daß die Lagerungsmöglichkeit für Getreide, Früchte und Massengüter sowie die Transportanlagen für die Bewegung dieser Güter im Danziger Hafen gänzlich unzu-



Fundament-Grundriß.
Abb. 189.



Grundriß.
Abb. 190.



Querschnitt.
Abb. 191.

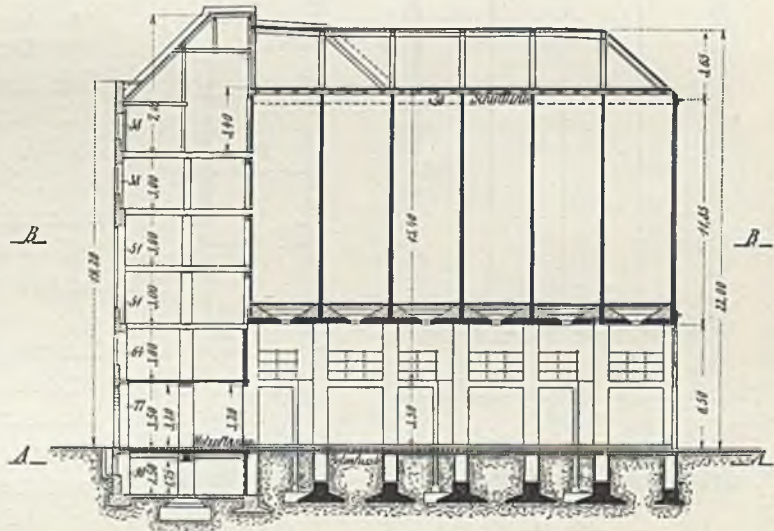


Abb. 192. Längenschnitt.
Getreidesilo Klostermühle Spandau.

¹⁾ Nach einem Aufsatz von Professor R. Kohnke in B. u. E. 1912, Heft IV.

reichend sind, entschloß sich die Landwirtschaftliche Großhandelsgesellschaft m. b. H. in Danzig, durch den Bau eines großen Speichers und weiträumiger Schuppenanlagen mit modernem Maschinenbetrieb den Umschlagsverkehr für die produzierenden Land-

wirte zu erleichtern und zu verbilligen.

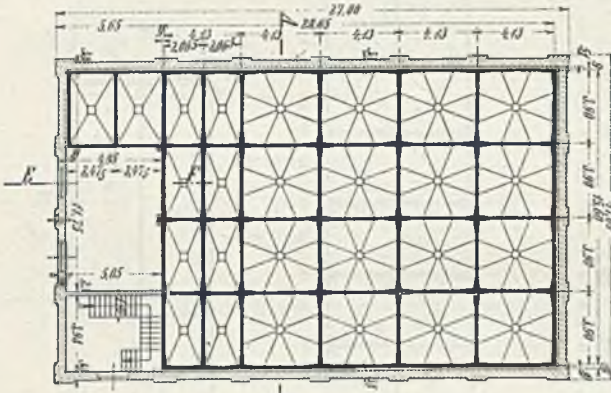


Abb. 193.

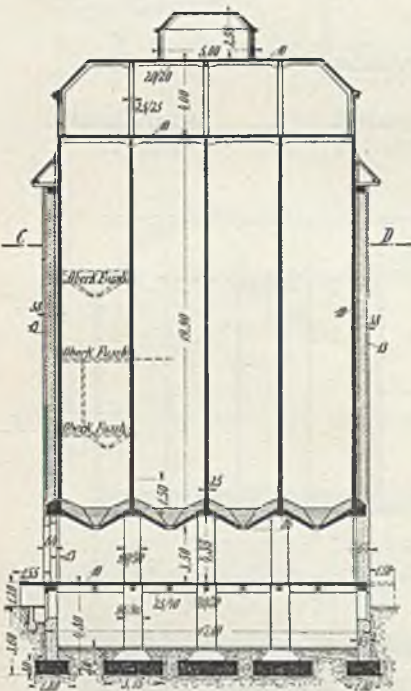
Abb. 194.
Malzsilo Eisenberg, Ilversgehöfen.

Abb. 195.

1. Allgemeines. Die Förderung der Großhandelsgesellschaft, in dem Speicher 11 000 t Getreide lagern zu können, führte zu einem Bauwerk von erheblichen Abmessungen, für welches von der Maschinenbauzentrale der Vereinigten landwirtschaftlichen Genossenschaften in Darmstadt ein Projekt aufgestellt wurde, das jetzt zur Ausführung gelangt ist. Für die Lagerung von Kleie, Futter- und Düngemitteln sind ferner zwei einstöckige Schuppen von je 80 m Länge und 25,20 m Breite erbaut worden. Die Speicheranlagen, welche ganz in Eisenbeton ausgeführt sind, zeigen die Abb. 199 bis 202.

Der Speicher erhebt sich über einer Grundfläche von $46,50 \times 28,76$ m; der First liegt 43,35 m über Gelände. Das Gebäude ist in seiner ganzen Ausdehnung unterkellert. Die Unterkellerung geht über die Außenmauern hinaus und erstreckt sich bis unter die an den beiden Längsseiten befindlichen Ladebühnen, um unter den letzteren den zur Aufnahme der Förderbänder erforderlichen Raum zu gewinnen.

Oberhalb des Erdgeschosses zerfällt der Speicher in drei Abteilungen, die verschiedenartig

ausgebildet sind. Die erste ist die Siloabteilung. Diese enthält 8 mittlere Zellen von je 245 t Inhalt. Außerdem sind aber, den Bedürfnissen der Landwirte entsprechend, wenn sie eine große Lagerung nicht für erforderlich halten oder deren Lieferungen klein sind, 4 Zellen der Höhe nach in drei gleiche Räume von je 80 t Fassungsraum vorgesehen.

Wie aus dem Querschnitt (Abb. 200) ersichtlich, sind auch noch Zellen angeordnet,

welche in der Mitte durch Zwischentrichterböden in je zwei Hälften geteilt sind und je 2×120 t Inhalt besitzen.

Die mittlere Abteilung enthält über dem Erdgeschoß zwei ebene Böden zur Auf-

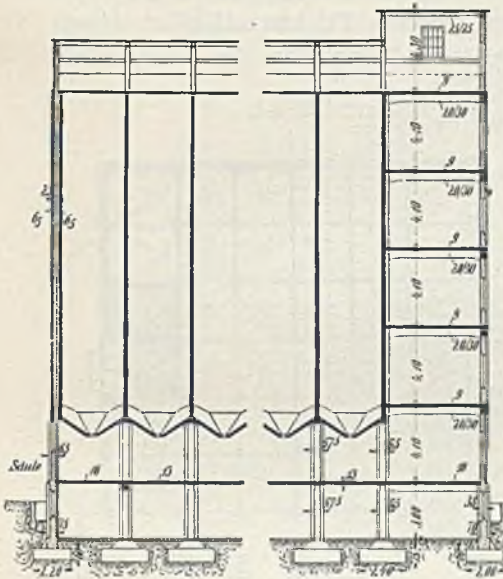


Abb. 196.

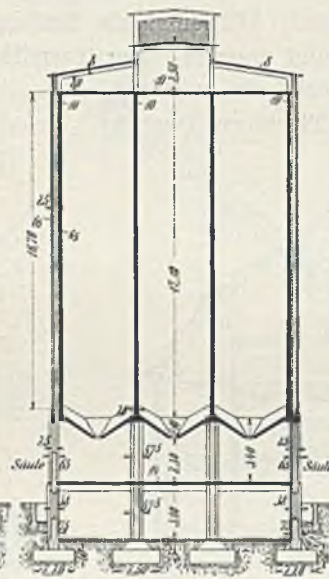


Abb. 197.

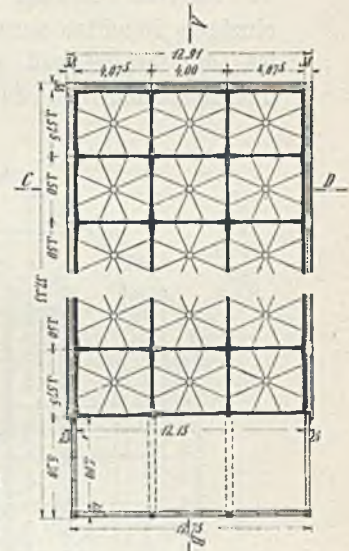


Abb. 198.

Malzsilo Cönnern.

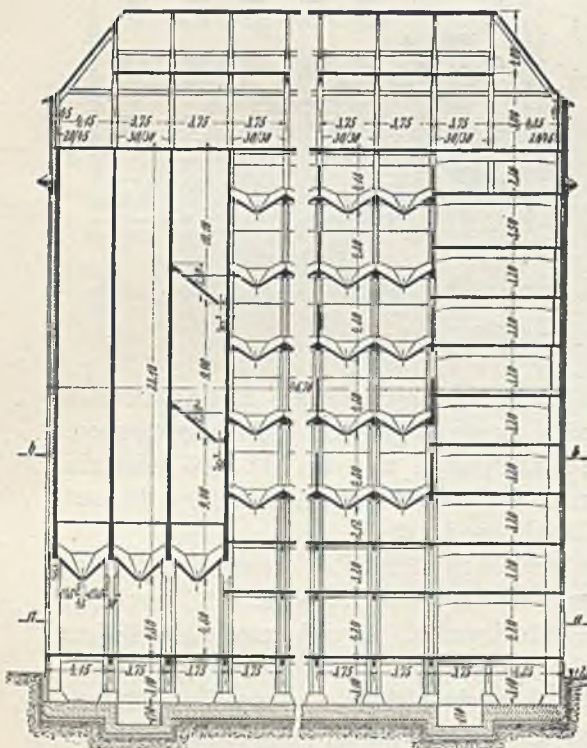


Abb. 199. Längenschnitt c-c.

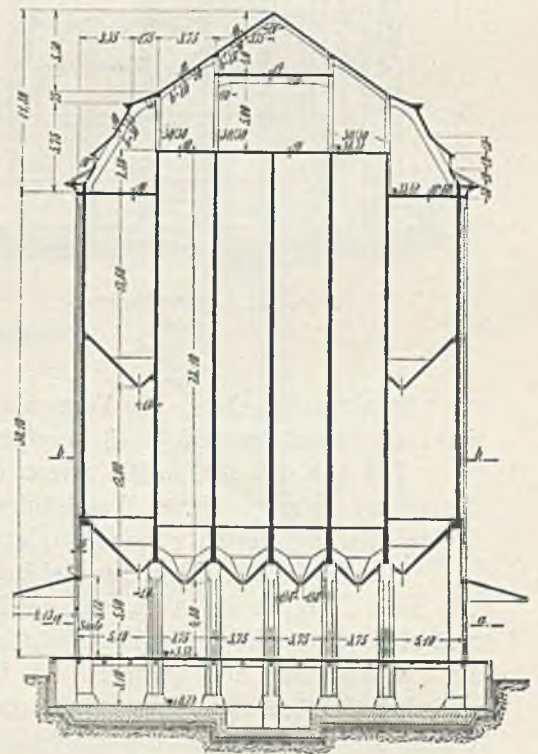
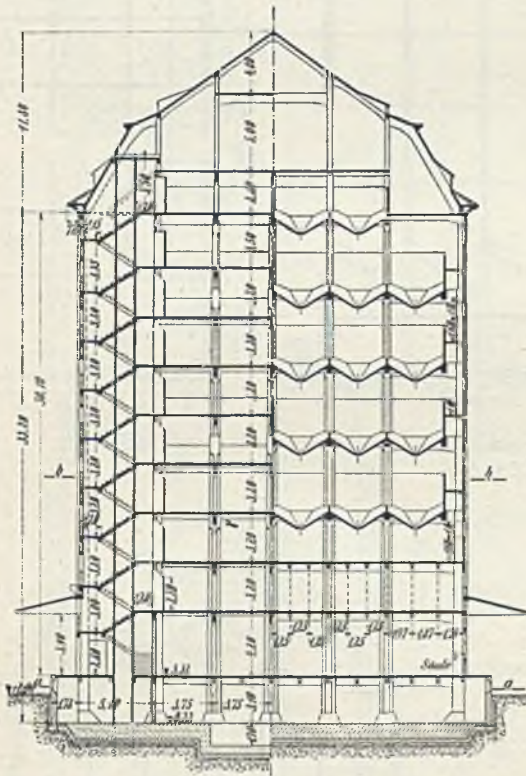


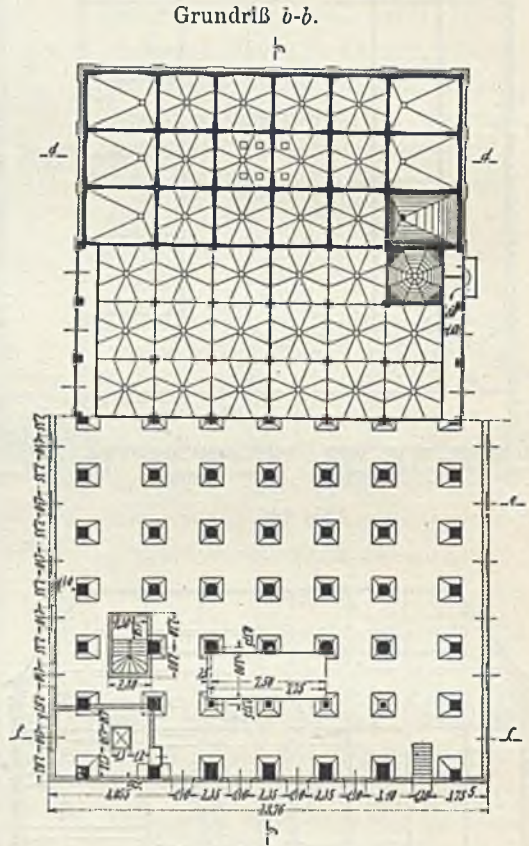
Abb. 200. Querschnitt d-d.

Getreidespeicher Danzig.

nahme von Sackgetreide und darüber 4 volle Trichterböden mit je 36 einzelnen Trichtern von je 25 t Fassungsraum. Diese Trichterböden haben gegenüber wagerechten Böden den Vorteil, daß das Korn auch aus den äußersten Winkeln mechanisch, ohne Menschenarbeit abfließt. Durch Verlegung der Holzbohlenwände, welche zwischen die Säulen gespannt sind, können nach Belieben mehrere Trichterzellen zu einem einzigen Behälter vereinigt werden. Zur vorteilhafteren Ausnutzung des Dachraumes ist im Dachgeschoß noch ein weiterer Trichterboden mit 24 Trichtern von je

Abb. 201. Querschnitt *f-f*.

Getreidespeicher Danzig.

Abb. 202. Grundriß *a-a*.

20 t Inhalt vorgesehen. Die Form als achtseitige Pyramide der Boden- und Silotrichter ist hier wegen der auf S. 43 gezeigten Vorzüge erstmals zur Anwendung gekommen.

Die Abb. 191, 192 u. 193 zeigen einige Trichterdetails, und die Abb. 206 zeigt ein Detail der spiralbewehrten Wandsäulen, während die Abb. 207 die Ausbildung der auf Holzpfählen fundierten Fundamentplatte in Eisenbeton darstellt.

Die dritte Abteilung des Gebäudes von rd. 8,6 m Länge hat wagerechte Böden. Sie dient lediglich zur Aufnahme der Reinigungsmaschinen mit Zubehör, der Elevatoren und selbsttätigen Wagen. Der Speicher hat 11 Stockwerke. Der oberste, ebene Boden im Dachgeschoß, auf welchem die Förderbänder zur Aufstellung kommen, ist nur zwischen die äußersten Längssäulen gespannt und reicht nicht bis zu den Dachflächen, damit die Luft durch die Dachfenster den ganzen Dachraum ungehindert durchstreichen kann.

Die beiden Schuppen haben je rd. 2000 m² Grundfläche. Für die Bewegung der

in den Schuppen lagernden Kleie, Futter- und Düngemittel ist eine besondere Verladekrananlage mit elektrisch betriebenen Laufkatzen geschaffen, welche in die Laterne der Schuppen einfahren (Abb. 208).

Das umfangreiche Eisenbetonprojekt wurde unter Leitung des Verfassers im Berliner Bureau der Firma Wayss u. Freytag aufgestellt.

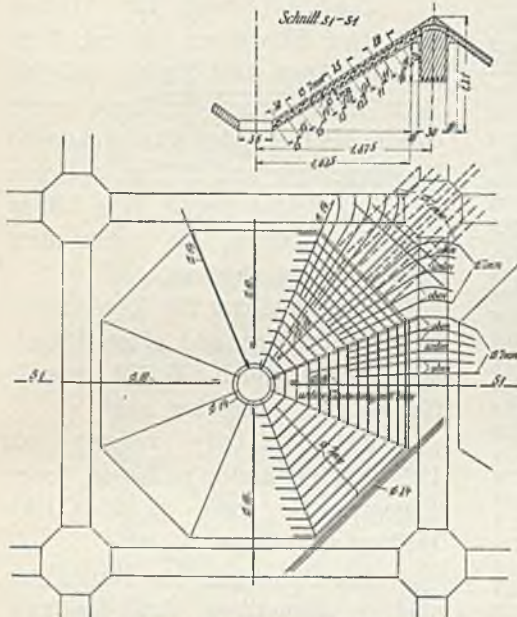


Abb. 203. Achteckige Siloböden.

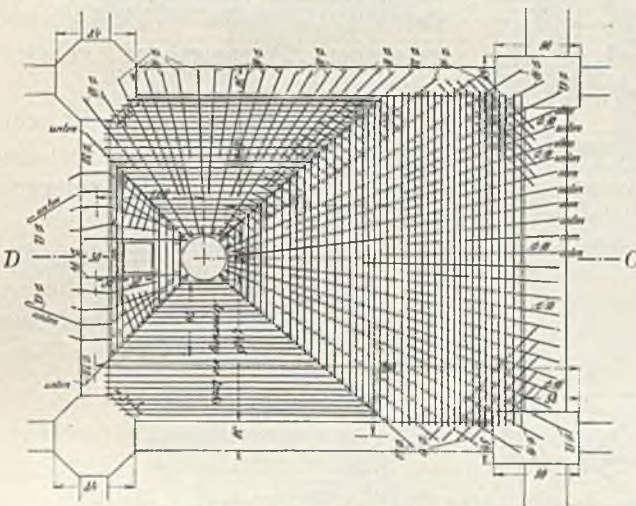


Abb. 204. Rechteckige Siloböden.

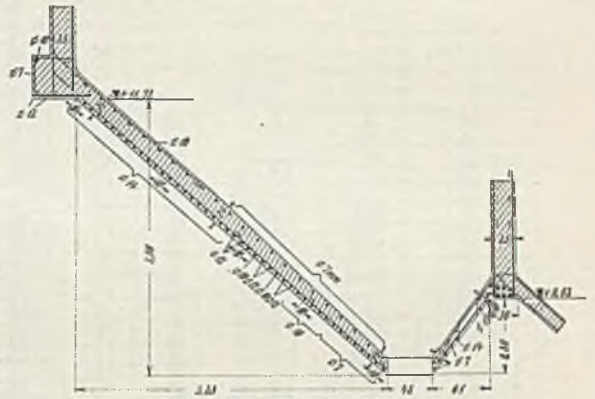


Abb. 205. Schnitt C—D.

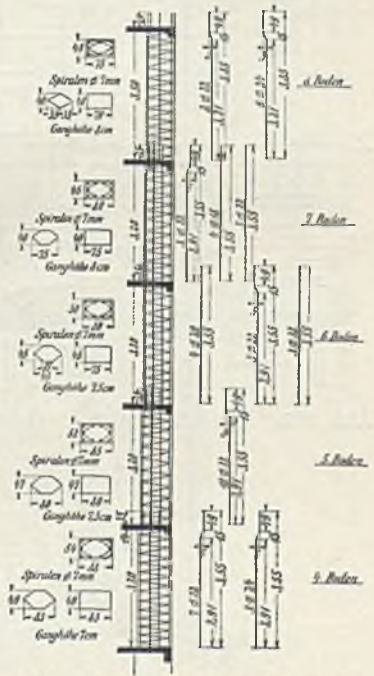


Abb. 206. Einzelheit der Säule.

Abb. 203 bis 206 Getreidespeicher Danzig.

Die Ausführung lag in Händen der Gelegenheitsgesellschaft Wayss u. Freytag, A.-G., Berlin und Meteor u. Cie., Stolp.

Die Baukosten betragen etwa 600 000 Mark und die Bauzeit 36 Wochen.

46. Getreidesilo für die Gräflich von Bennigsensche Mühle, Banteln (Abb. 209 bis 214).

Der im Sommer 1911 erbaute Getreidesilo der Gräflich von Bennigsenschen Mühle, Banteln hat rd. 25 m Länge, 10 m Breite und 23 m größte Höhe über dem Gelände.

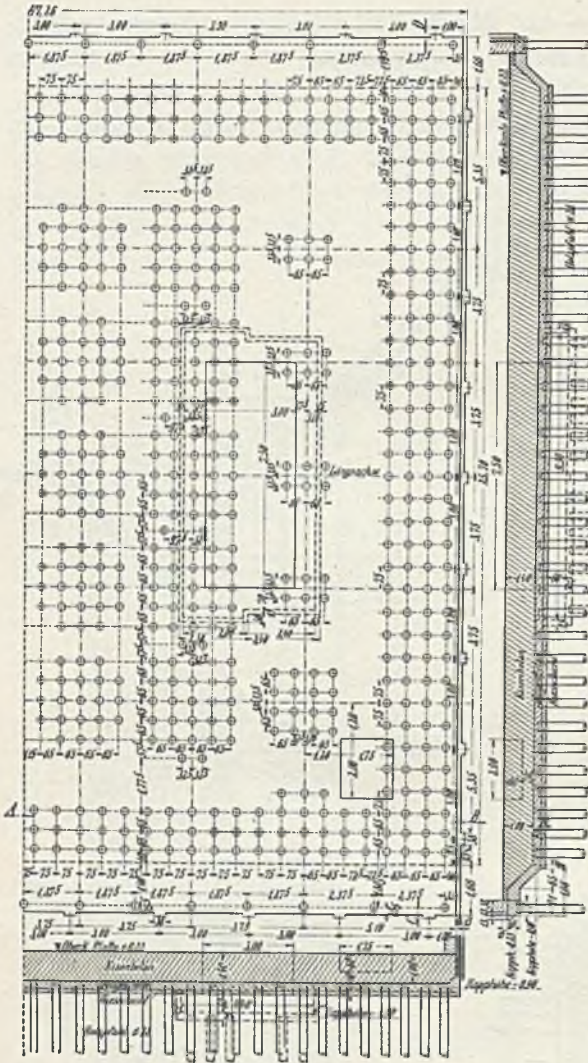


Abb. 207. Fundamentplatte. Getreidespeicher Danzig.

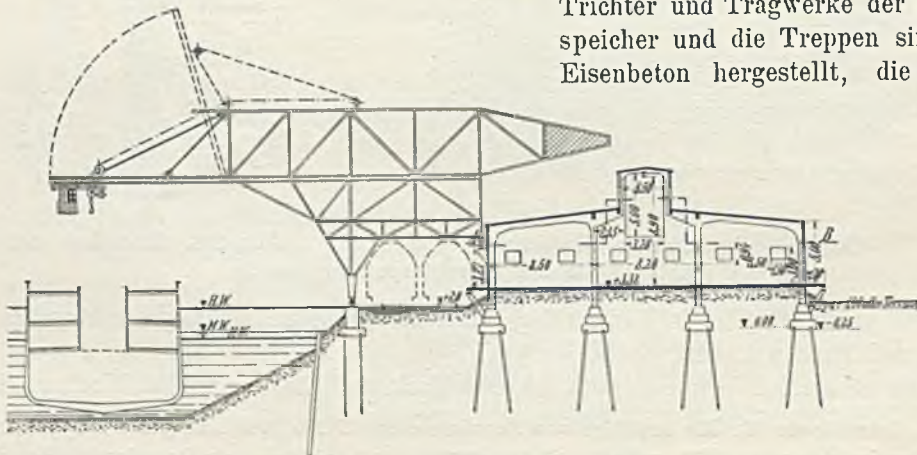


Abb. 208. Schuppen. Getreidespeicher Danzig.

Der Silo ist in eine größere Abteilung für Weizen und eine kleinere für Roggen eingeteilt, die durch die Treppenanlage voneinander getrennt sind.

Die Abteilung für Weizen umfaßt 6 Silozellen von rd. 3 m lichter Länge und Breite und rd. 16 m Höhe, einen durch die ganze Breite des Gebäudes durchgehenden Rieselspeicher und 2 Tagesspeicher von 2 m lichter Breite, 3 m Länge und 15 m Höhe, die neben dem Treppenhaus angeordnet sind.

Die Abteilung für Roggen enthält 3 Silozellen und einen Rieselspeicher von gleicher Größe, wie sie für Weizen vorgesehen sind.

Jede Silozelle vermag rd. 120 000 kg Getreide zu fassen, jeder Tagesspeicher kann rd. 75 000 kg Weizen aufnehmen.

Die Öffnungen der Silotrichter sind so angeordnet, daß das ausfließende Getreide nach einem in der Mittelachse des Gebäudes vorgesehenen Transportband geleitet wird.

Über den Speichern ist ein Dachaufbau angeordnet, in dem die Transporteinrichtungen untergebracht sind.

Das Dach, die Silozellen, die Trichter und Tragwerke der Rieselspeicher und die Treppen sind aus Eisenbeton hergestellt, die Wan-

dungen der Rieselspeicher sind aus Ziegelsteinen gemauert, die Zwischenböden bestehen aus Holzkonstruktion.

Der Dachaufbau, der eine lichte Breite von 5 m besitzt, wird durch Rahmenkonstruktionen aus Eisenbeton getragen. Der Mittenabstand der Rahmenbinder wechselt

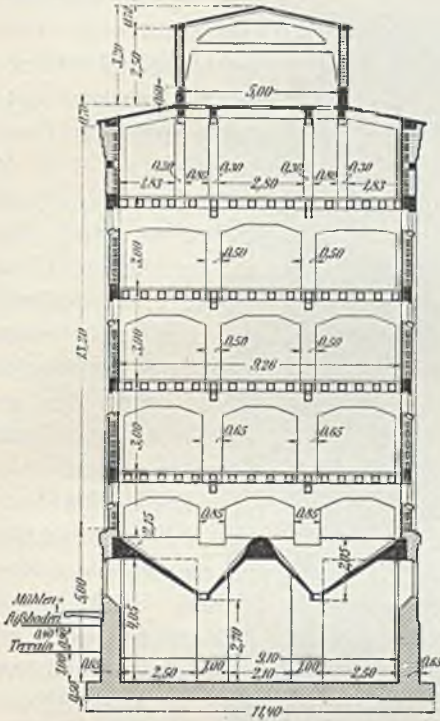


Abb. 209. Schnitt c—d.

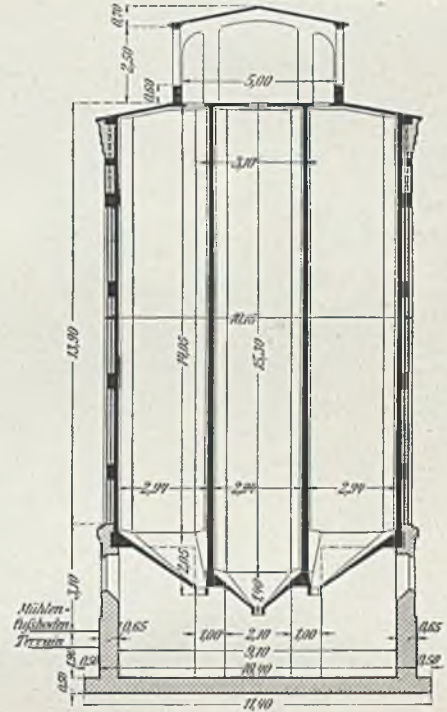


Abb. 210. Schnitt a—b.

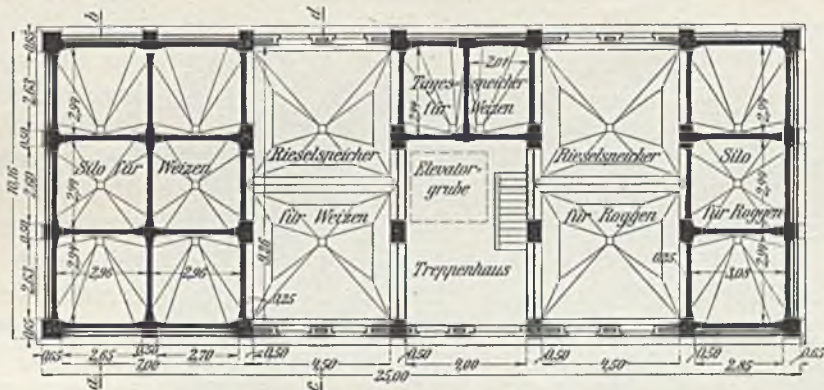


Abb. 211. Grundriß.

Abb. 209 bis 211 Getreidesilo Banteln.

der Konstruktion der Silozellen entsprechend von 2,50 bis 3,25 m. Die Dachhaut ist mit 8 cm Betonstärke ausgeführt und je nach dem Abstände der Binder mit 5 bis 8 R.-E. von 8 mm Durchm. auf 1 m Breite bewehrt.

Über dem Treppenhaus ist wegen der Konstruktion des hier liegenden Elevators eine turmartige Erhöhung des Dachaufbaues angeordnet.

Die Dachbinder sind mit 20 cm Breite und einer nach dem Verlauf der Momente

wechselnden Höhe ausgeführt, nur die Binder unter dem Turm haben 25 cm Breite erhalten. Die Bewehrung ist doppelt angeordnet und besteht aus 3 R.-E. von 20 mm Durchm.

Die Deckenplatte über den Silozellen im Dachaufbau ist für eine Nutzlast von

250 kg/m² berechnet. Sie hat 10 cm Stärke erhalten und ist mit 8 10 mm starken Rund-eisen auf 1 m Breite bewehrt.

Die Wände der Silozellen sind oben 10 cm, unten 16 cm stark. Die Bewehrung auf 1 m Breite wächst von 5 8 mm starken Eisen oben bis auf 11 Eisen von 10 mm Durchm. unten.

Die Trichter unter den Silozellen haben 12 cm obere und 8 cm untere Stärke. Die Längsbewehrung auf 1 m Länge besteht aus 10 8 mm starken Rund-eisen, die Querbewehrung in der oberen Hälfte aus je 5 Eisen von 10 und 12 mm Durchm., in der unteren Hälfte aus 6 Stück 7 mm starken Eisen.

Um das Eindringen von Feuchtigkeit in die Silozellen zu verhindern, sind die Außenwände der Zellen mit einer $\frac{1}{2}$ Stein starken Ziegelsteinwand verkleidet. Zwischen der Ziegelmauer und der Eisenbetonwand sind 10 cm Luftschicht verblieben. Zum Aufnehmen der Mauerwerkslasten sind die Silowände in Ab-

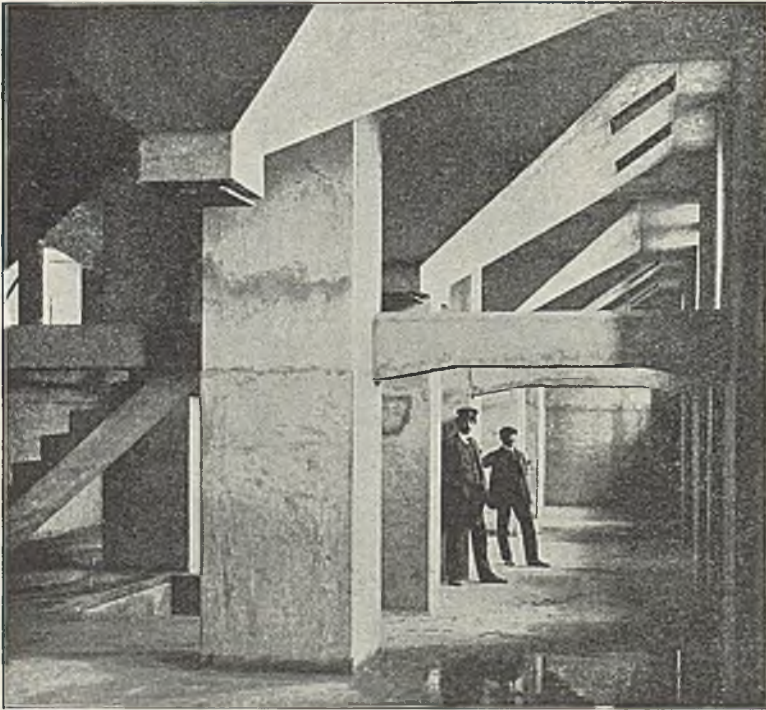


Abb. 212. Ansicht des Trichters.

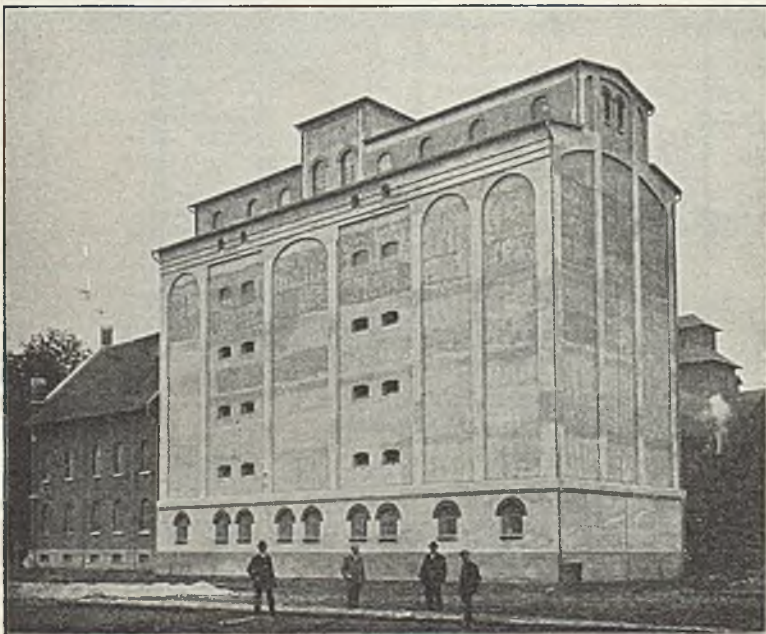


Abb. 213. Gesamtansicht.

ständen von etwa 3 m zu Balken verstärkt.

Die Rieselspeicher dienen zum Trocknen des feucht angelieferten Getreides. Sie haben rd. 5 m lichte Länge und 9 m lichte Breite und sind in Eisenbetonfachwerk ausgebildet, d. h. die Stützen, Balken und Riegel sind aus Eisenbeton hergestellt, die Wandflächen sind mit Ziegeln ausgemauert, wobei in den Außenwänden eine Luftschicht von 7 cm Stärke im Mauerwerk angeordnet ist. In Abständen von rd. 3 m sind Zwischenböden in den Rieselspeichern vorgesehen. Diese bestehen aus gelochten Bohlen, die auf starken Holzbalken aufliegen. Durch die Schlitz in den Böden, die nach Bedarf durch Schieber geschlossen werden können, rieselt das Getreide langsam von einem Stockwerk ins

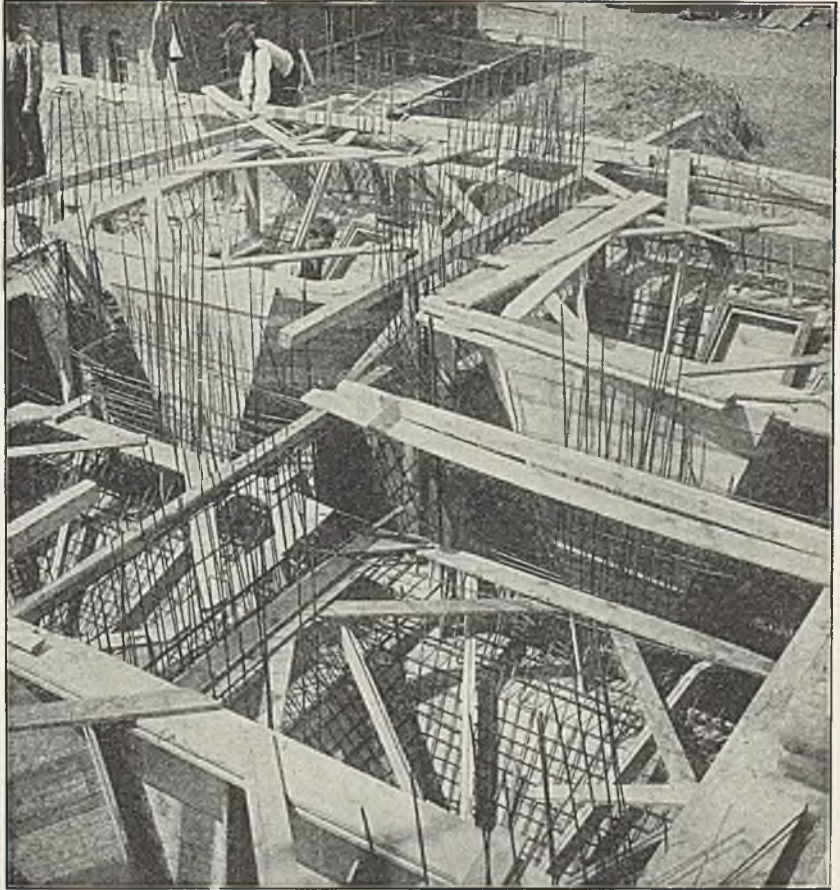


Abb. 214. Trichterbewehrung. Getreidesilo Banteln.

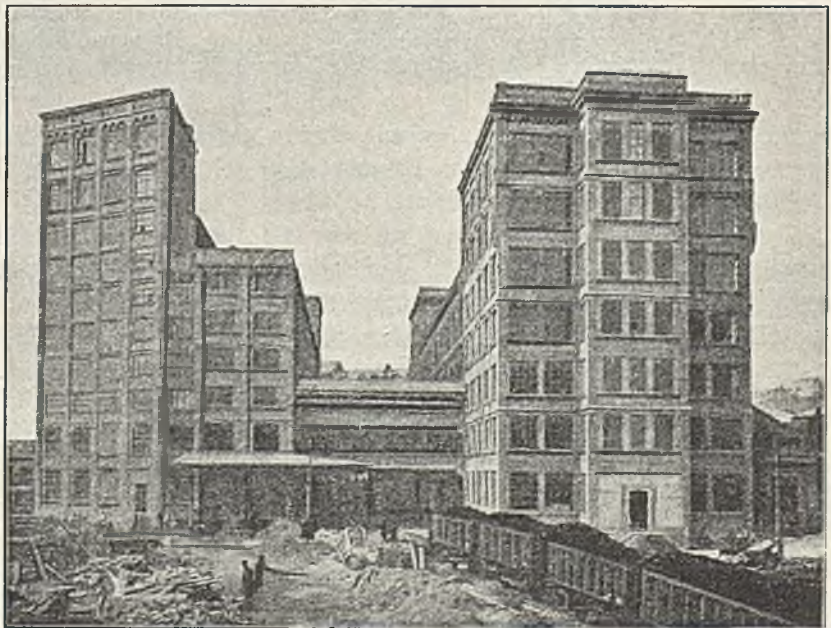


Abb. 215. Ansicht der fertigen Anlage. Getreidesilo von Sampierdarena.

andere und wird dabei durch den Luftstrom, der durch die in den Außenwänden angeordneten Fenster dringt, getrocknet.

Jeder Rieselspeicher hat zwei Auslaufrichter erhalten, die ähnlich konstruiert sind wie die an den Silozellen. Da aufgehende Wände aus Eisenbeton bei den Rieselspeichern nicht vorhanden sind, so sind die Auslaufrichter an starken Eisenbetonbalken aufgehängt.

Die Treppen sind freitragend aus Eisenbeton konstruiert. Die Decken im Treppen-

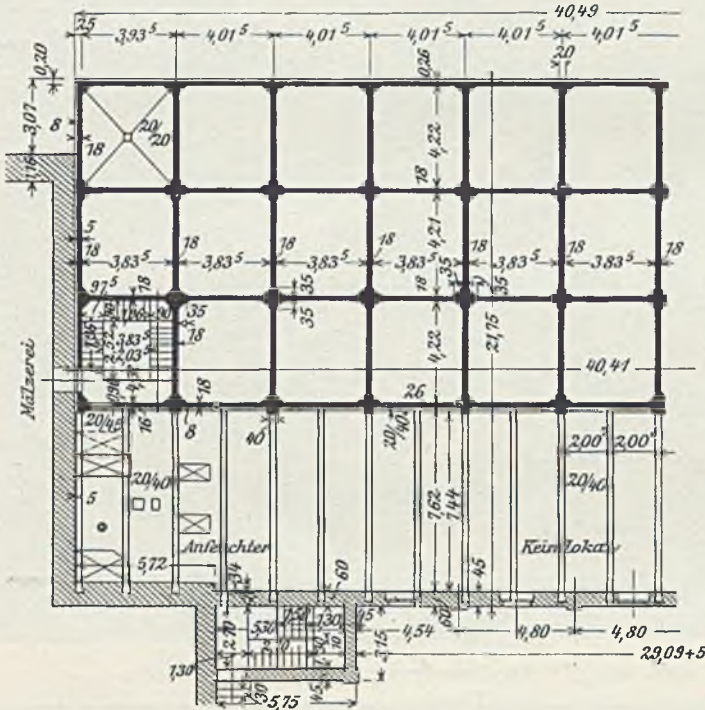


Abb. 216. Grundriß.

Malz- und Getreidesilo der Bürgerlichen Bierbrauerei Budapest.

haus haben Unterzüge aus I-Trägern erhalten, weil hier große Aussparungen in der Decke für den Elevator angelegt werden mußten und weil auch das Anbringen von Transmissionen erleichtert werden sollte.

Der Sockel des Gebäudes ist aus Stampfbeton hergestellt.

Da tragfähiger Baugrund erst in größerer Tiefe erreicht werden konnte, ist das Gebäude auf einen Pfahlrost von Eisenbetonpfählen gegründet. Die durchgehende Betonplatte über den Pfählen ist unter den Umfassungswänden und Stützen mit I-Trägern N.-P. 8 bewehrt.

An das Silogebäude ist noch ein Annahmeschuppen gebaut, der in gleicher Weise gegründet ist und dessen unteres Stockwerk ebenfalls aus Eisenbeton besteht, während der Bau im übrigen aus Ziegelsteinmauerwerk hergestellt ist.

An der Seite der Gebäude, wo das mit Landfuhrwerken ankommende Getreide ausgeladen wird, ist eine ausgekragte Rampe aus Eisenbeton angeordnet, von der Einschüttöffnungen das Getreide direkt auf die Transportgurte leiten.

Der Konstruktionsentwurf zu dem Silogebäude ist von der Firma B. Liebold u. Co., A.-G., Holzminden aufgestellt, die auch die Ausführung der Anlage bewirkte.

47. Getreidesilos von Sampierdarena.¹⁾

Diese Silos sind ein Teil von einer größeren, von Hennebique in Eisenbeton ausgeführten Mühlenanlage.

Letztere besteht aus zwei Bauten: der eigentlichen Mühle und den Silos samt Mehlspeicher.

Beide Bauten haben eine Gesamtlänge von 100 m und sind 14 m voneinander

¹⁾ Vergl. „Il Cemento“ 1906, Nr. 9.

entfernt. Die Verbindung ist mittels dreier Brücken hergestellt. Die eigentliche Mühle bedeckt eine Fläche von etwa 1100 m² und weist vier Decken auf.

Die Gründung besteht aus einer durchgehenden Fundamentplatte von 20 bis 30 cm Stärke mit darüberliegenden Rippen von im Maximum 90 cm Höhe.

Der Silobau bedeckt eine Fläche von 850 m². Die die Zellen tragenden Säulen sind 2,50 bzw. 3,50 m voneinander entfernt. Auch hier ist eine Fundamentplatte mit Rippen vorgesehen, die unter den Säulen angeordnet sind.

Die Säulen haben von der Platte bis zu den Zellen eine Höhe von 6,25 m, und ihr Querschnitt beträgt 70 × 70 cm.

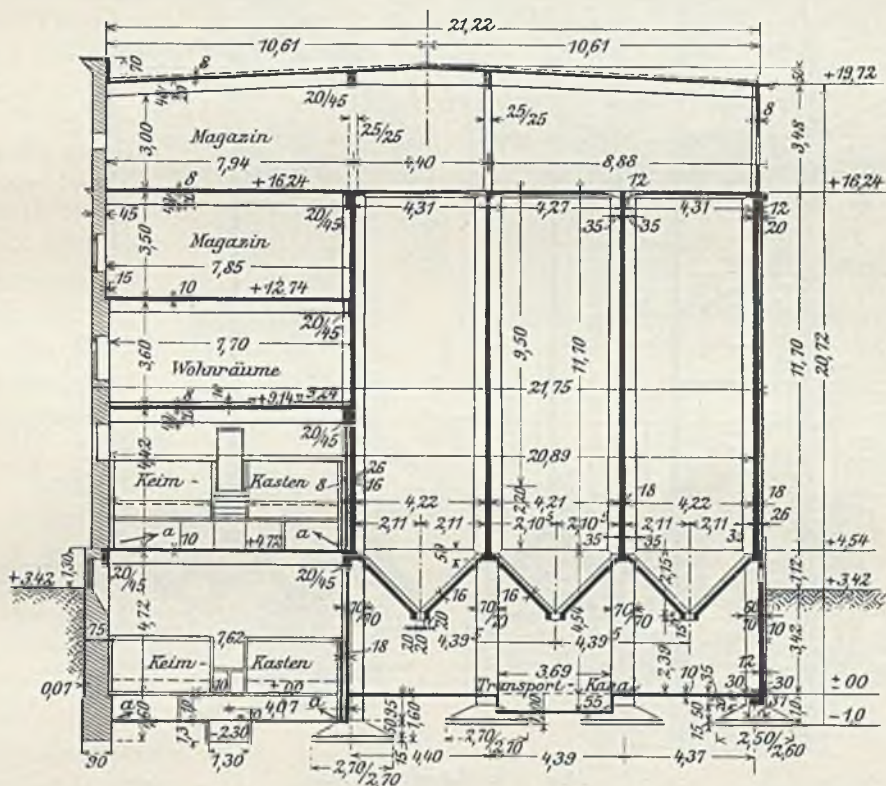


Abb. 217. Querschnitt.

Malz- und Getreidesilo der Bürgerlichen Bierbrauerei Budapest.

Die Zellenwände haben eine Stärke von 12 bis 15 cm und sind 19,50 m hoch. Je drei Säulen entspricht ein Trichter von 3,25 m Höhe. Die Zellen sind im Grundriß 6,30 × 3,40, und je zwei Zellen haben einen Auslaufrichter. Die Zellenwände sind mit horizontalen und vertikalen Rippen versehen, die durch die großen Zellenabmessungen bestimmt waren. Die Zellen sind mit einer für 300 kg/m² bzw. 800 kg/m² Nutzlast berechneten Eisenbetondecke abgedeckt, die mit Öffnungen zwecks Einbringens des Getreides versehen sind. Der Gesamthalt des Silos ist etwa 17 500 m³ oder 14 000 t. Abb. 215 zeigt eine Ansicht der ganzen Anlage.

48. Malz- und Getreidesilo der Bürgerlichen Bierbrauerei, Budapest (Abb. 216 bis 219).

Das Gebäude bildet einen Annex an die alte Mälzerei der Brauerei und besteht aus 30 Zellen, wovon 29 als Silos, die 30. für das Stiegenhaus und Elevator verwendet

ist. Die Zellen haben ein Fassungsvermögen von 40 Waggons Gerste. Sie waren vorerst für Malzablagerung (spez. Gewicht 500 kg/m^3), später für Gerste (spez. Gewicht 700 kg/m^3) entworfen. Die Zellentrichter haben eine von der üblichen Lösung abweichende Ausführung. Dieselben sind derart konstruiert und berechnet, daß die Getreidelast von den diagonalen Trichterkanten — welche auf den Stützen ruhen — getragen wird. Die dreieckförmigen Platten der Trichter sind auf den Kanten aufgehängt. Die Trichteranten laufen über den Stützen und sind in dem Mündungsring

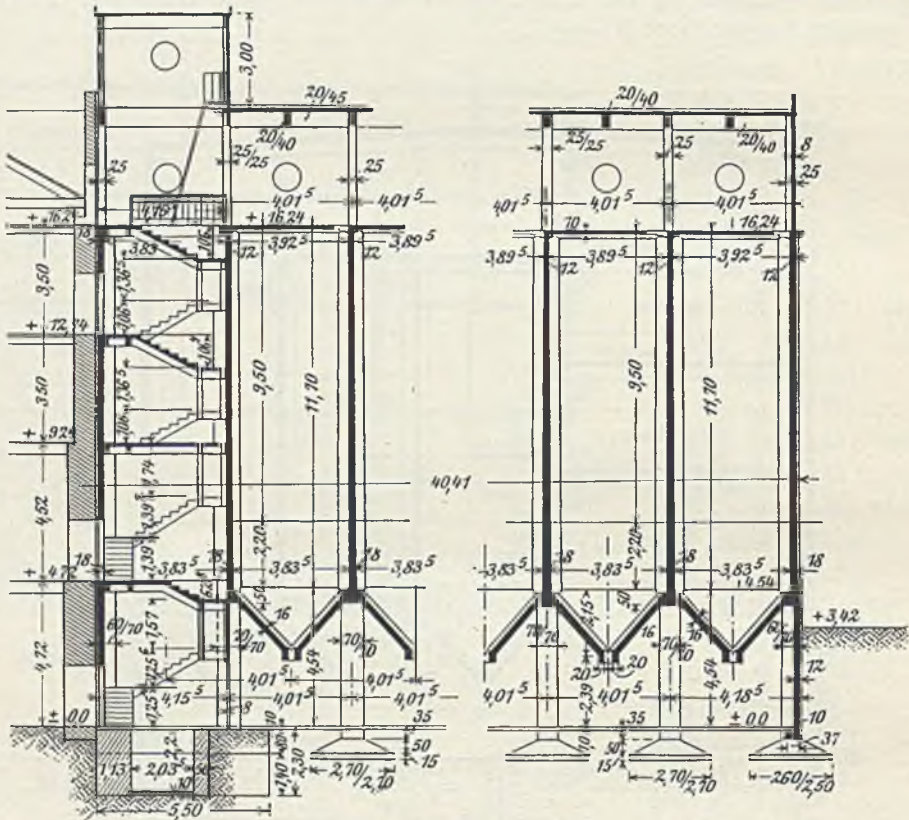


Abb. 218. Längenschnitt.

Malz- und Getreidesilo der Bürgerlichen Bierbrauerei Budapest.

zusammgehalten. In den Endfeldern sind die Kanten verankert. Die Zellenwände sind von außen durch 5 cm-Reform-Korksteinplatten (bituminös), außerdem 3 cm Eisenbeton(Draht-)putz isoliert.

Im Vordertrakt (7,44 m Tiefe) vor den Silos sind im Souterrain und Parterre die pneumatischen Keimlokale mit allen ihren maschinellen Einrichtungen, in der Mälzereiecke der Anfeuchtraum mit Kalorifer und Exhaustor, im ersten Stock dieses Traktes Wohnräume für Arbeiter und Nebenräume (hierzu eine Extratreppe im Vordergrund), im zweiten Stock Magazin und im dritten Stock auf der ganzen etwa 800 m^2 -Fläche Magazin und Verteilungstransportanlage des Getreides. Das ganze Gebäude ist in bewehrtem Beton, nur die vordere Fassade in Ziegelmauerwerk mit Rücksicht auf die Fassade des bestehenden Nebengebäudes. Abb. 219 stellt Details der Trichterbewehrung dar.

Im Auftrage der Bürgerlichen Bierbrauerei, A.-G., Kobauka (Budapest) wurde das

Silogebäude aus bewehrtem Beton vom Konstruktionsbureau Professor Dr. Konstantin Zielinski, Budapest entworfen und unter dessen Aufsicht von der Eisenbetonbauunternehmung Heinrich Freund u. Söhne, Budapest erbaut.

49. Silo für die erste Belouazer Dampfmühle (Abb. 220).

Die Silowände sind hier hohl ausgeführt mit Rücksicht auf den Wunsch des Auftraggebers, das gelagerte Getreide zu kühlen. Die Luftkanäle haben sehr gut entsprochen und wirken zur vollsten Befriedigung. Die Silotrichter sind hier zum Teil verzogen und der ungleichmäßigen Belastung entsprechend konstruiert.

Entwurf ebenfalls von Professor Dr. K. Zielinski, Budapest.

50. Einige Ausführungen der Firma Ed. Züblin, Straßburg.)

Eine der ersten Ausführungen der Firma war der Silobau des städtischen Lager-

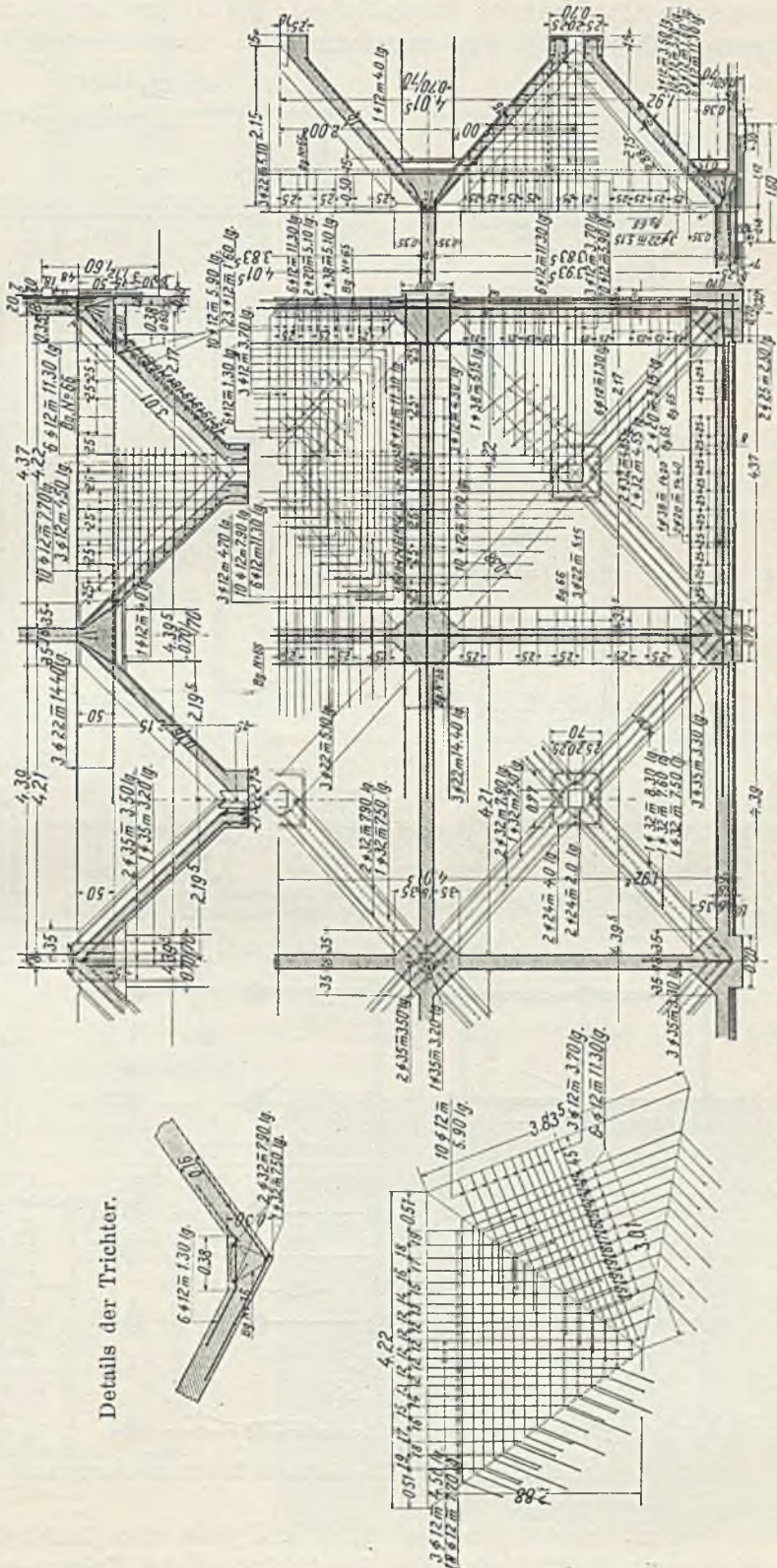


Abb. 219. Malz- und Getreidesilo der Bürgerlichen Bierbrauerei, Budapest.

1) Vergl. D. B. Z., Zementbeilage 1905, Nr. 22 u. 23.

hauses am Straßburger Rheinhafen. Die Anlage besteht aus 45 Zellen, welche in neun Reihen von je fünf angeordnet sind. Jede Kammer hat einen Querschnitt

Querschnitt

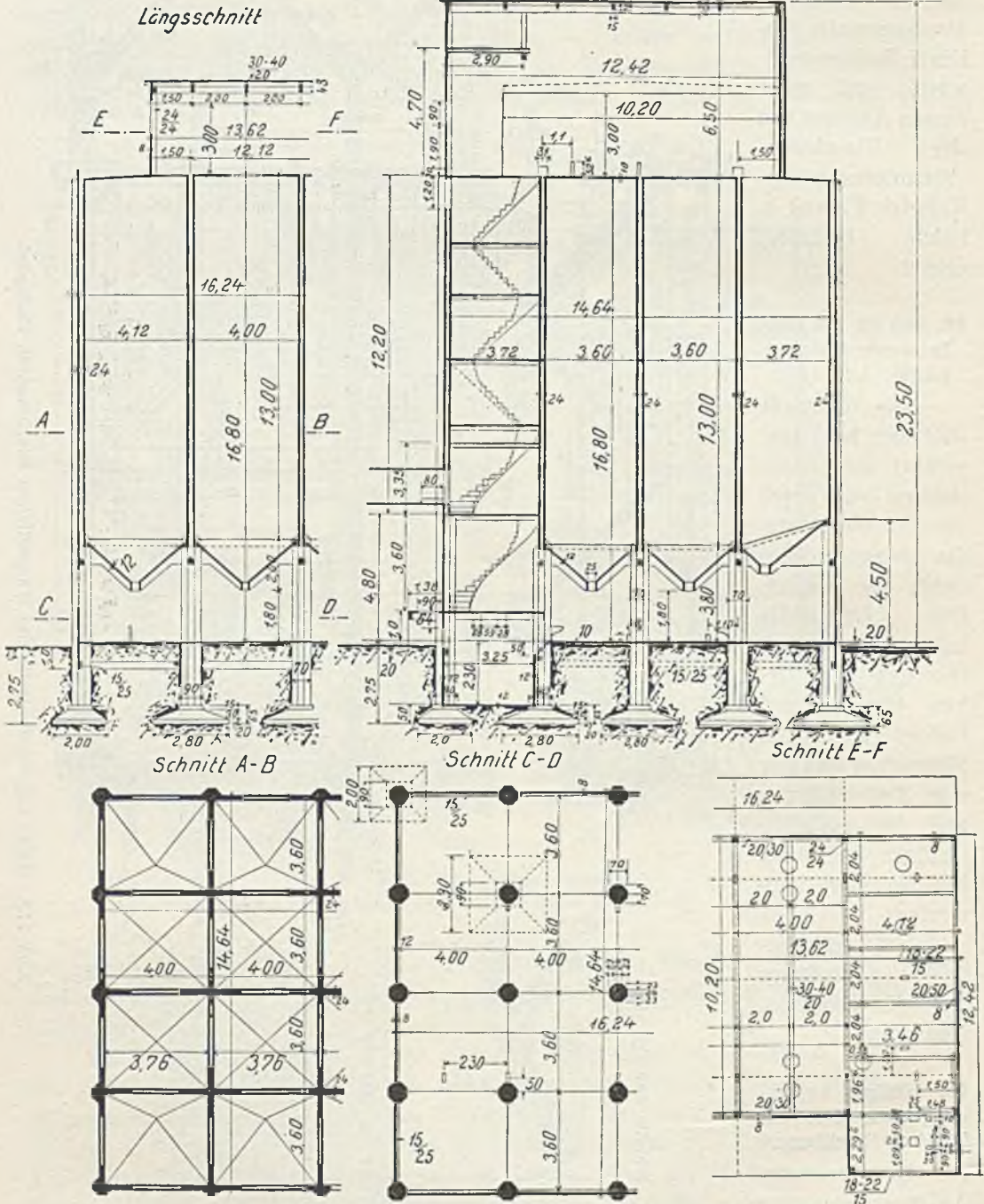


Abb. 220. Silo für die erste Belouazer Dampfmuhle.

von 4×4 m, eine Höhe von 16 m und faßt also 180 t Getreide, der ganze Speicher somit 80 000 Sack. Die Wände sind an den Kreuzungsstellen durch kräftige

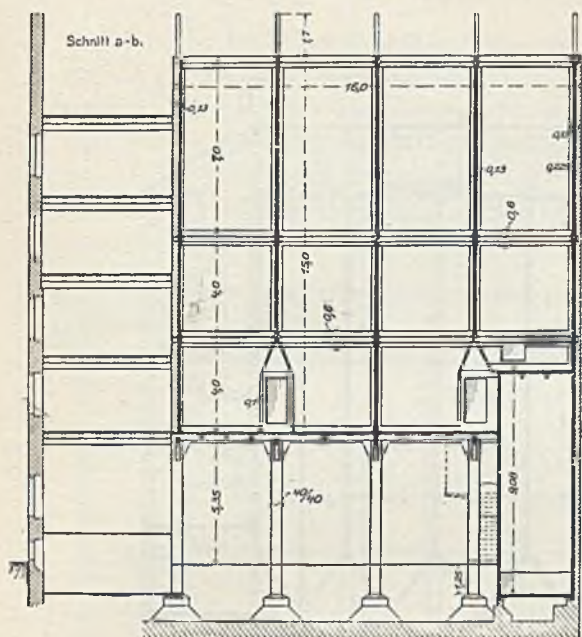


Abb. 221. Querschnitt.

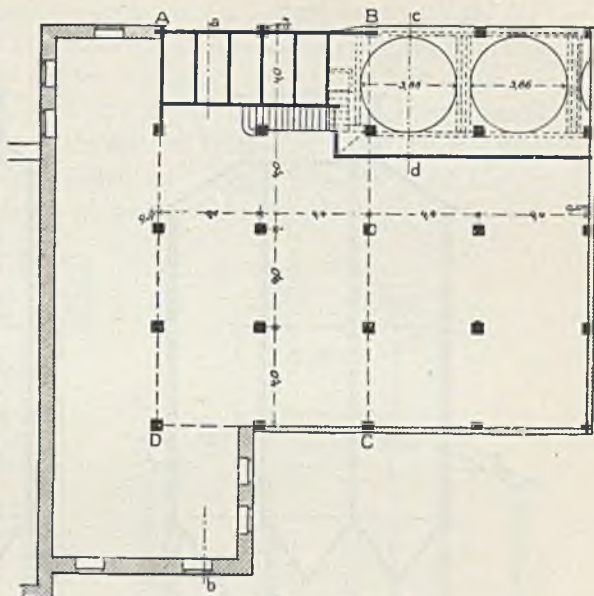


Abb. 222. Grundriß vom Erdgeschoß.

Malzsilo in Schiltigheim.

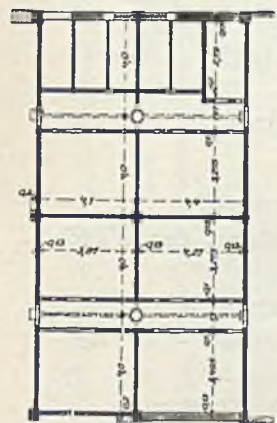


Abb. 223. Grundriß der Silozellen über *ABCD* in Abb. 213.

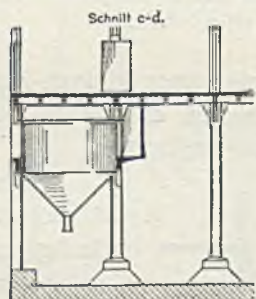


Abb. 224. Gerstenweiche.

Pfeiler gestützt, zwischen welchen die Auslaufrichter eingehängt sind. Bemerkenswert ist die Konstruktion der Zellenwände: Diese sind in Abständen mit Rippen versehen, welche aber weniger zum Zwecke angebracht wurden, die Wandung zu verstärken, als vielmehr, deren Rauheitsgrad zu vermehren und somit den Seitendruck zu vermindern. In der Folge hat sich dann aber diese Vorichtsmaßregel als unnötig erwiesen; sie wurde daher später nicht mehr angewendet. Zwischen den Rippen zeigen die Wände

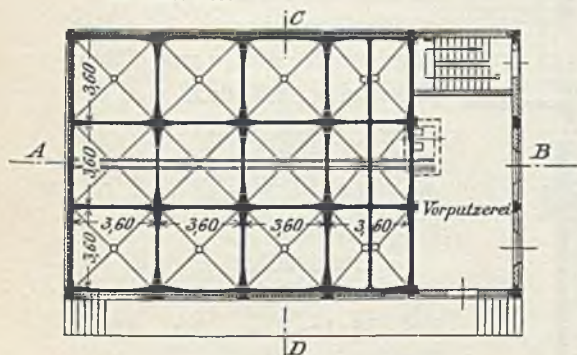


Abb. 226. Grundriß *E-F*. Getreidesilo in Wolfskirchen.

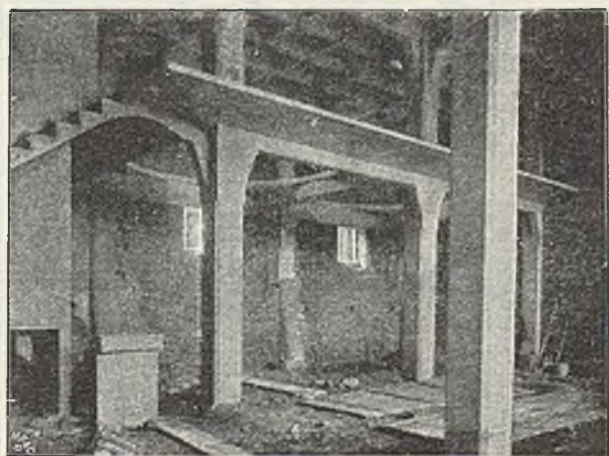


Abb. 225. Unterbau der Gerstenweiche (vergl. 'Abb. 121).

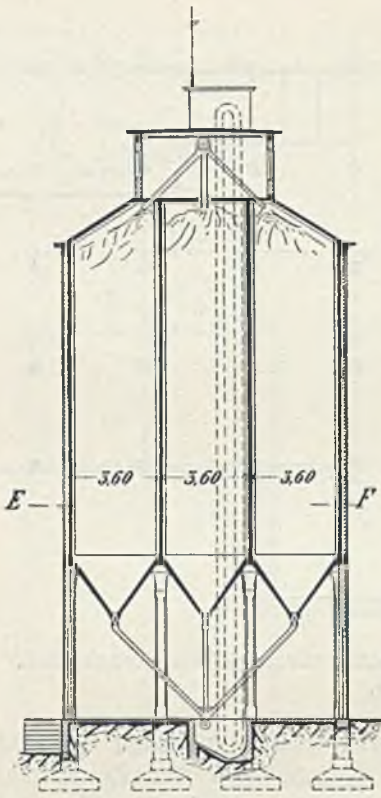


Abb. 227. Querschnitt C—D.

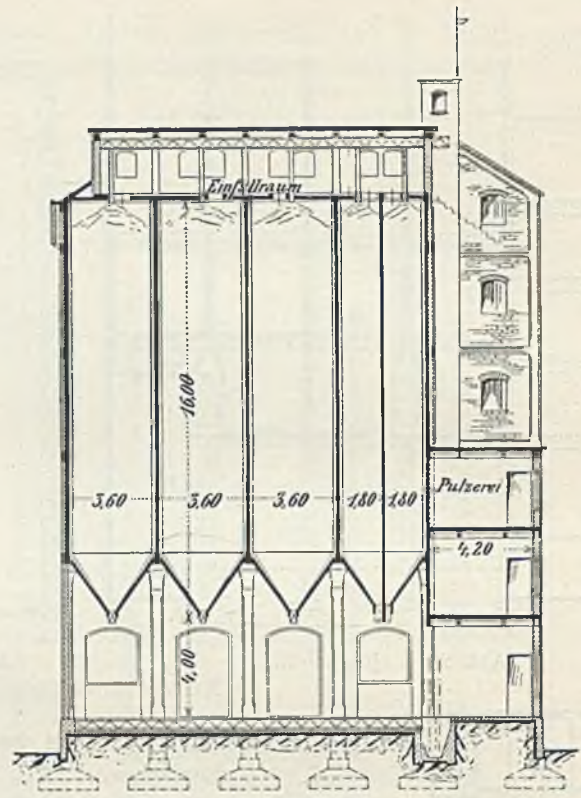


Abb. 228. Längenschnitt A—B.
Getreidesilo in Wolfskirchen.

durchgehends gleiche Stärke — mit Ausnahme einer kleinen Eckversteifung —, im Gegensatz zu späteren Ausführungen, bei welchen das Trägheitsmoment der Wände nach den Kreuzungsstellen (Auflager) hin stark zunimmt.

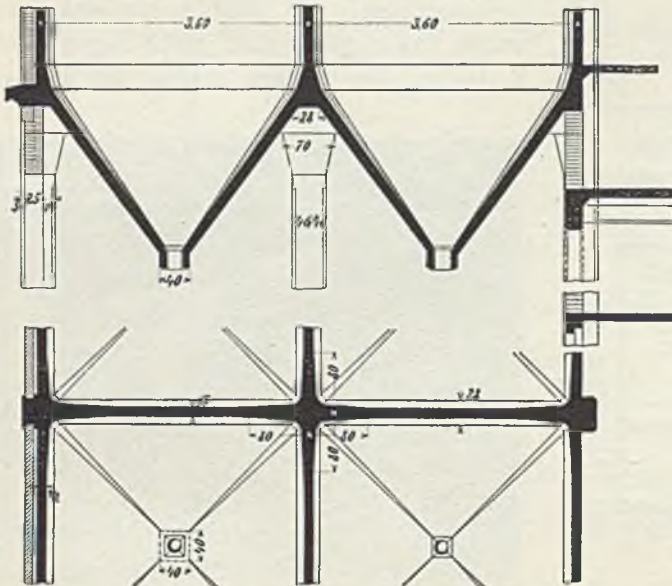


Abb. 229. Trichterausbildung. Getreidesilo in Wolfskirchen.

Die monumentale Fassade ist selbsttragend und vollständig unabhängig von der Eisenbetonkonstruktion; sie wurde erst nach Fertigstellung der letzteren aufgebaut und ist mit derselben nur in Abständen verankert. — Der Bau wurde 1899 ausgeführt, gleichzeitig mit dem von der Firma Wayss u. Freytag erstellten Bodenspeicher, der den anderen Flügel des Gebäudes bildet.

Unmittelbar darauf, im Jahre 1899 bis 1900, kamen die Malzsilos der Firma Hatt-Ansen, Mühleisen u. Co., Schiltigheim zur Ausführung

und lieferten den Beweis, daß sich Eisenbetonsilos auch zur Aufbewahrung von Malz vorzüglich eignen. Allerdings darf das Malz nur in gekühltem Zustande in die Zellen gebracht werden; wird es noch warm eingeschüttet, so zeigt es Neigung, schimmelig zu werden. — Dieser Silo, der in Abb. 221 im Schnitt, in Abb. 222 u. 223 in Grundrissen dargestellt ist, besitzt acht Kammern von $4 \times 4,10$ bzw. $4 \times 4,40$ m Querschnitt und 15 m Höhe, so daß ein Fassungsraum von rd. 2000 m^3 vorhanden ist. Bemerkenswert sind die im unteren Teil des Silos angeordneten Quergänge, in welchen die Transportschnecke sich

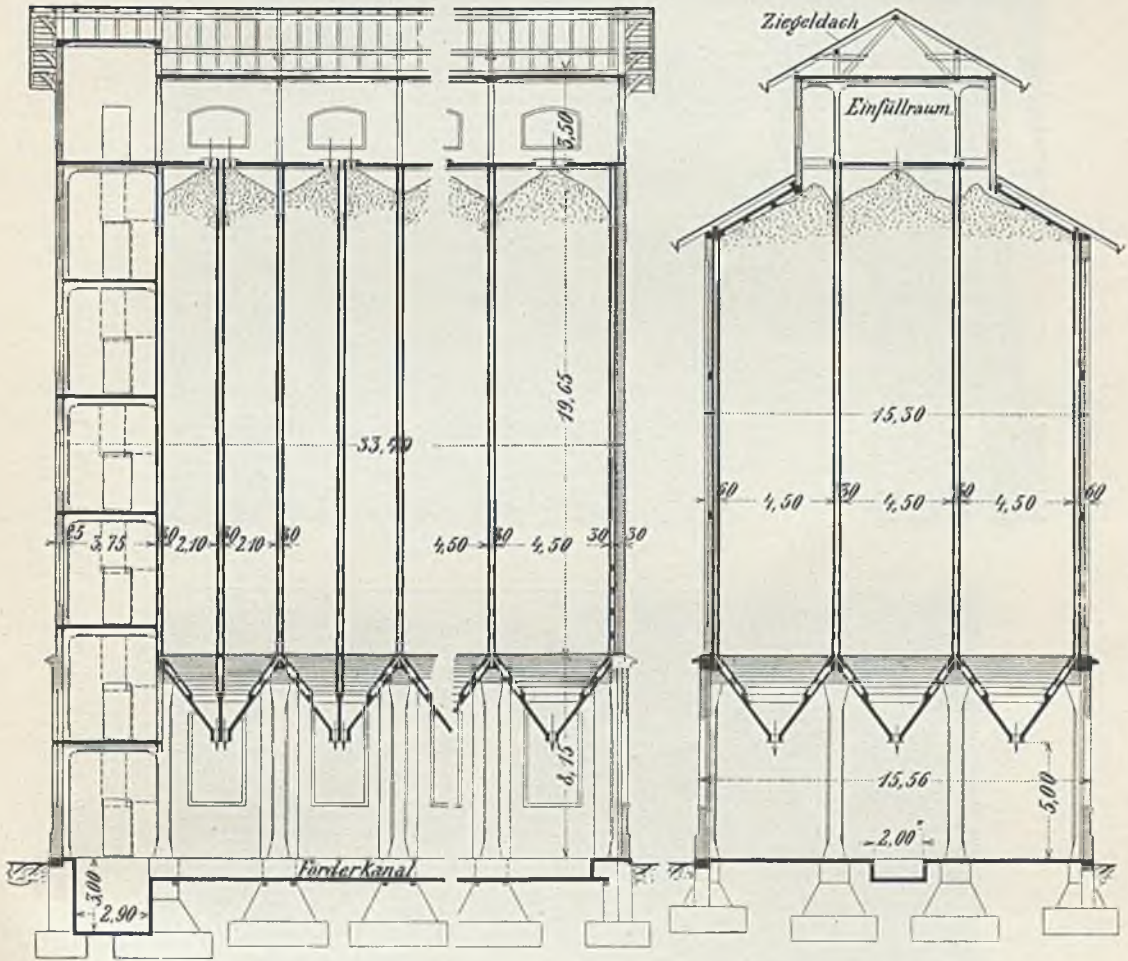


Abb. 230. Längenschnitt.

Abb. 231. Querschnitt.

Silo für die Illkircher Mühlenwerke.

befindet. Die Gänge entstehen dadurch, daß sich die Querwand zwischen je zwei Zellen unten spaltet. In den Wänden sind mit Schiebern versehene Öffnungen angebracht, durch welche das Malz auf die Transportschnecke gelangt. Dieser Konstruktionsgedanke ist hier zum ersten Male zur Ausführung gelangt und auch für den Malzsilo im „Löwenbräu“ vorbildlich gewesen. Oben ist der Silo durch einen Holzboden abgedeckt, auf welchem das Malz vor dem Einbringen zur Abkühlung ausgebreitet wird. Der Unterbau der im gleichen Gebäude befindlichen Gerstenweichen (Abb. 224 u. 225) ist ebenfalls in Eisenbeton hergestellt. Die Fassade ist als Backsteinfüllung in das tragende Eisenbetonfachwerk eingebaut, so daß letzteres außen sichtbar bleibt.

Bei den in den Jahren 1901 und 1902 ausgeführten Getreidesilos für die Herren v. Schlumberger u. Trautmann, Wolfskirchen, von denen wir in Abb. 226, 227

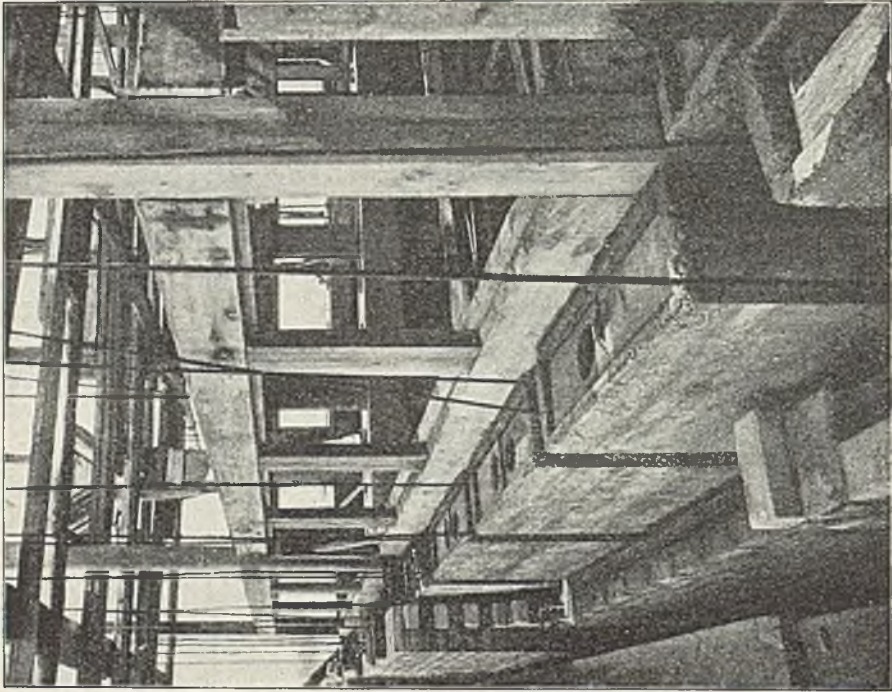


Abb. 233. Ausbildung der Außenmauern.
Silo für die Illkircher Mühlenwerke in Strabburg.

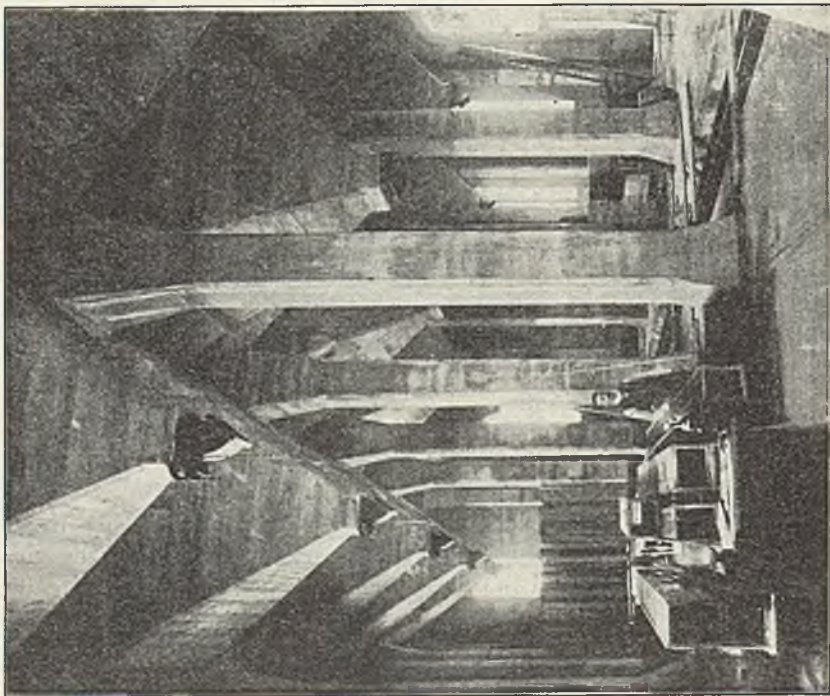


Abb. 232. Untersicht der Auslaufrichter.
Silo für die Illkircher Mühlenwerke in Strabburg.

u. 228 Grundriß, Quer- und Längsschnitt wiedergeben, weicht die Konstruktion der Wände von der früheren insofern ab, als die Verstärkungsrippen weggelassen wurden;

dafür bildete man die Wände unter Berücksichtigung der Kontinuität als Träger mit wagerechter Biegungsebene aus, so daß die Stärke derselben, entsprechend den Momenten, gegen die Kreuzungsstellen zunimmt. Abb. 229 stellt die Trichterausbildung dar. Die ganze Anlage zeigt in der Längsrichtung vier und in der Querrichtung drei Zellenreihen, insgesamt also zwölf Zellen von $3,60 \times 3,60$ m Grundfläche und 16 m Höhe,

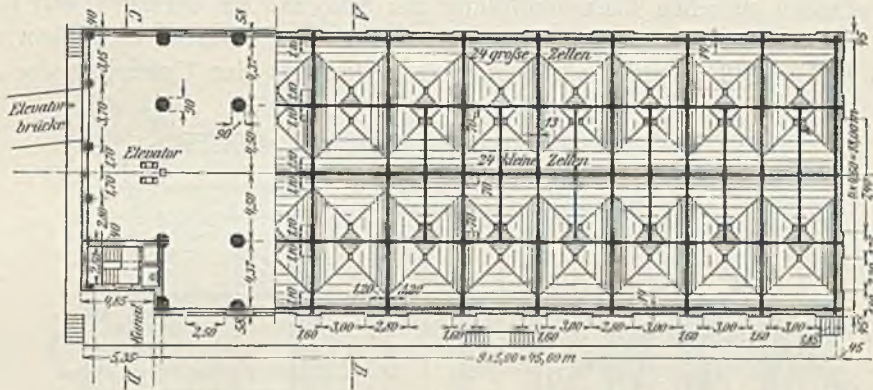
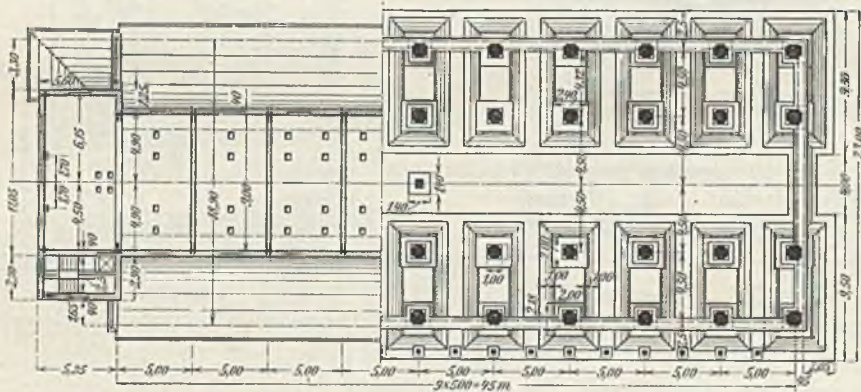


Abb. 234. Grundriß. Getreidesilo Illkircher Mühlenwerke.

so daß dieselbe rd. 20 000 Sack aufnehmen kann. Die Fassade ist wie bei der vorigen Ausführung als Backsteinausmauerung zwischen sichtbaren Eisenbetonrippen ausgebildet.

Eine eigenartige Konstruktionsweise kam beim Bau der Silos für die Illkircher Mühlenwerke, Straßburg zur Anwendung und ist in Abb. 230 u. 231 in Längs-



Dachgrundriß.

Fundamentgrundriß.

Abb. 235. Getreidesilo Illkircher Mühlenwerke.

und Querschnitt dargestellt. Dort sind alle Umfassungs- und Scheidewände aus vorher hergestellten Hohlstücken aus Stampfbeton aufgebaut, während in die dazwischen freibleibenden schmalen Räume Eisenstäbe eingelegt und diese selbst mit Beton ausgestampft worden sind, so daß ein Fachwerk von Eisenbetonbalken entstand, in welchem die Hohlstücke die Füllungen bilden. Für den ganzen Bau, der im Sommer 1903 zur Ausführung gelangte, wurden rd. 5000 Hohlkörper verwendet. Die Raumanordnung ist so getroffen, daß die 18 Kammern von $4,80 \times 4,80$ m im Grundriß in drei Längsreihen gestellt wurden; um kleinere Abteilungen zu erhalten, haben die Zellen der Mittelreihe noch eine Unterteilung durch eine Zwischenscheidewand erhalten. Die Höhe

der Zellen beträgt 20 m, so daß sich ein Gesamtfassungsraum von 50 000 Sack Getreide ergibt. Durch die hohlen Scheidewände ist eine sehr gute Isolierung erzielt; außerdem sind in den Wänden noch durchgehende Lüftungskanäle angebracht. Die Fassade ist als Backsteinausmauerung von $\frac{1}{2}$ bis 1 Stein Stärke in das Betonfachwerk eingesetzt, jedoch so, daß nur an den Lisenen das Mauerwerk unmittelbar an den Betonpfeilern anliegt, während zwischen Backsteinfüllung und Silowand ein durchgehender Hohlraum gelassen wurde; die ganze Fassade, mit Ausnahme der Lisenen, ist sodann verputzt. Die Abb. 232 u. 233 zeigen die Stützung der Silos mit der Untersicht der Auslauf-

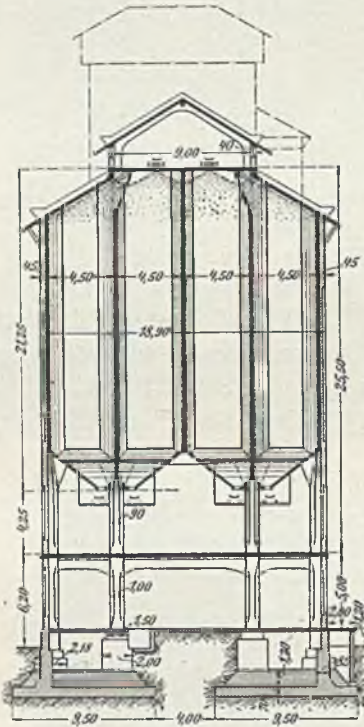


Abb. 236. Querschnitt.
Getreidesilo Illkircher Mühlenwerke.

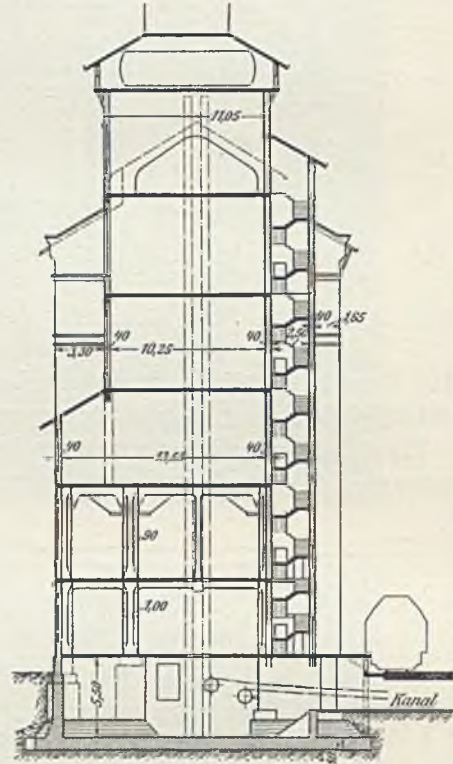


Abb. 235. Querschnitt durch den
Elevatorbau.
Getreidesilo Illkircher Mühlenwerke.

trichter sowie die Ausbildung der Außenmauern. Das hier angewendete Verfahren eignet sich besonders für Zellen großer Weite, welche möglichst rasch nach Herstellung trocken sein sollen, um gefüllt werden zu können, hat aber allerdings den Nachteil, daß die Raumersparnis gegenüber Silos aus Holz nicht so groß ist wie beim Bau massiver Wände.

Eine wesentlich größere Anlage baute die Firma Züblin in den Jahren 1907 bis 1908 ebenfalls für die Illkircher Mühlenwerke. Dieselbe ist in den Abb. 234 bis 238 dargestellt. Sie enthält 24 große Zellen je 5×5 m und 23 m Höhe und 24 kleine Zellen je $5 \times 2,5$ m und dieselbe Höhe. Die Höhe vom Terrain bis Dach Elevatorbau beträgt 43,50 m. Der Inhalt der Anlage beträgt 150 000 Sack, wovon 30 000 Sack im Sacklager unter den Zellen und im Erdgeschoß gelagert sind.

Der im Jahre 1908 gebaute Getreidesilo von 110 000 Sack Fassungsraum für die Grands Moulins de Corbeil bei Paris ist in den Abb. 239 bis 244 veranschaulicht.

Zellengröße $5 \times 4,75$ m und Zellenhöhe 25 m (gemessen von Trichterauslauf bis Schüttboden). Höhe von Terrain bis Dach Elevatorvorbau 36,50 m.

51. Getreidesilo der Ludwigshafener Walzmühle. (Abb. 245 u. 246.)

Derselbe wurde an Stelle des abgebrannten alten Silos im Anschluß an die stehengebliebenen unteren Teile samt Trichter hergestellt. Es wurden hierbei nur die

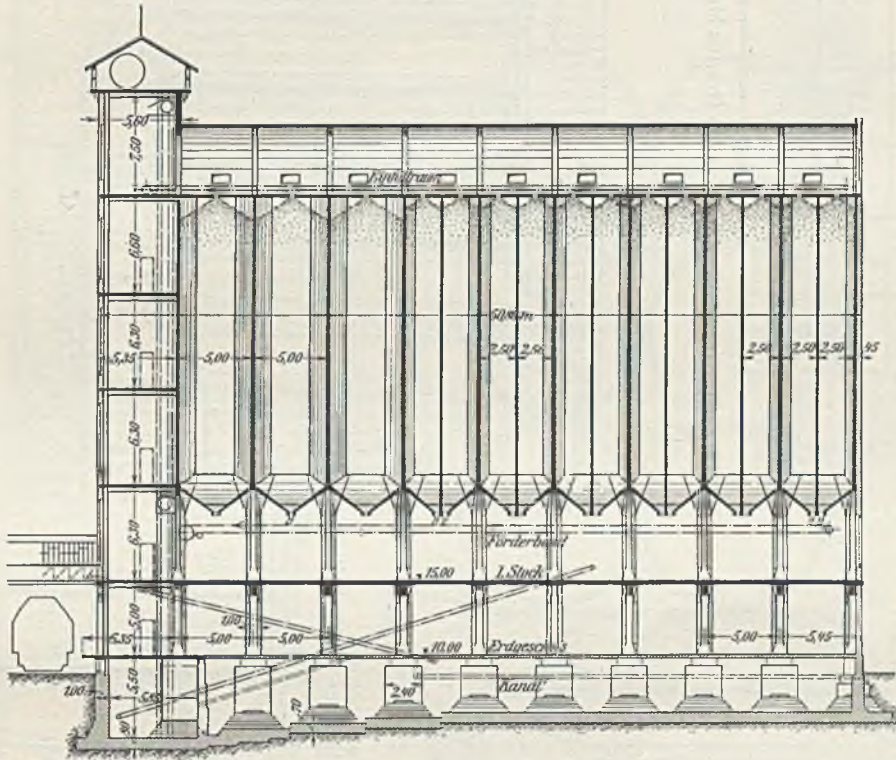


Abb. 237. Längenschnitt. Getreidesilo Illkircher Mühlenwerke.

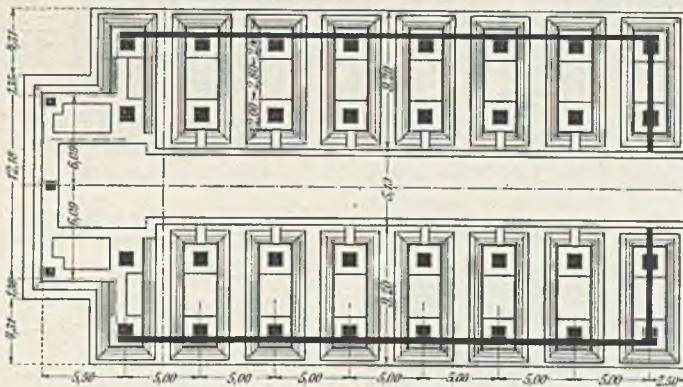


Abb. 239. Fundamentgrundriß.
Getreidesilo Grands Moulins de Corbeil.

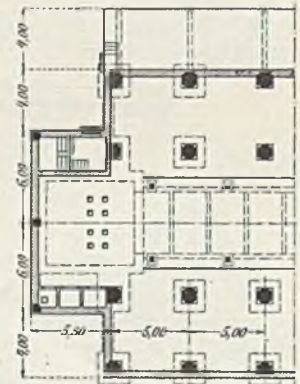


Abb. 241.
Erdgeschoß-Grundriß.
Getreidesilo Grands Moulins de Corbeil.

Zwischenwände in Eisenbeton, die Außenwände aber in Backsteinmauerwerk ausgeführt. Um eine gute Verbindung zwischen den Eisenbeton- und Backsteinwänden zu erzielen, wurden letztere mit kräftigen Schleidern verankert, während die in die Backsteinmauern

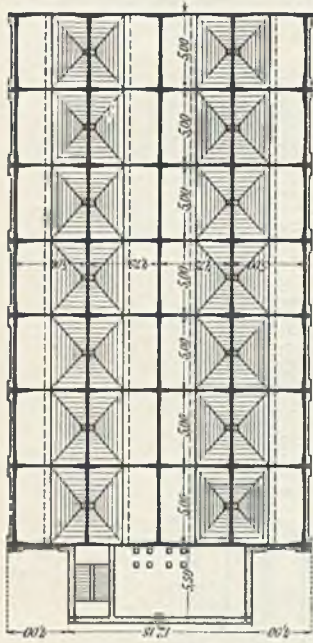


Abb. 240. Grundriß, Getreidesilo Grands Moulins de Corbeil.

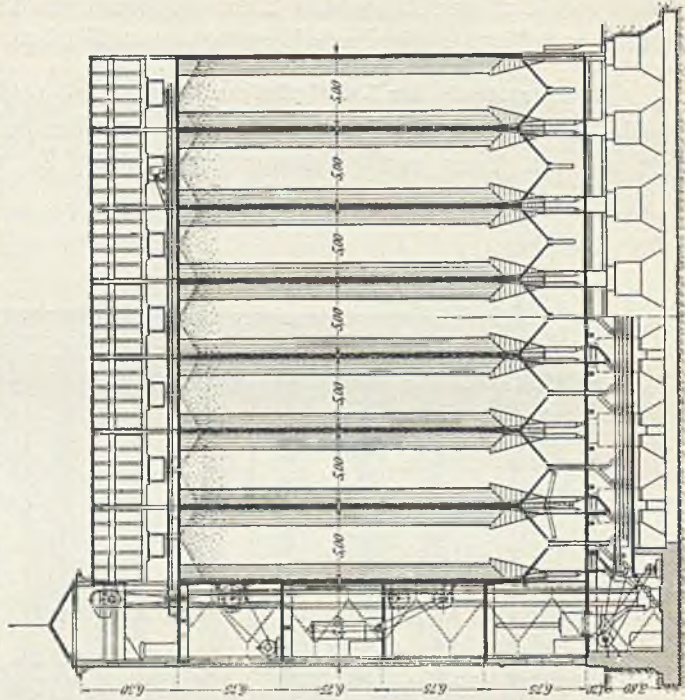


Abb. 244. Längenschnitt, Getreidesilo Grands Moulins de Corbeil.

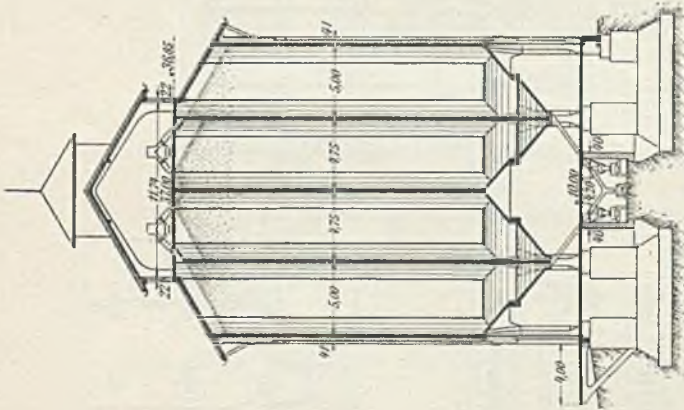


Abb. 242. Querschnitt, Getreidesilo Grands Moulins de Corbeil.

65		31,35						20	
F	3,60	F	3,50	B	3,50	B	3,50	B	
F	2,00	F	2,00	A	3,50	A	3,50	B	
F	2,00	F	2,00	D	3,50	B	3,50	B	
F	2,00	F	2,00	C	3,50	A	3,50	B	
F	2,00	F	2,00	E	3,50	D	3,50	C	
F	2,00	F	2,00	F	3,50	F	3,50	F	
65		31,35						20	

Abb. 246. Grundriß, Ludwigshafener Walzmühle.

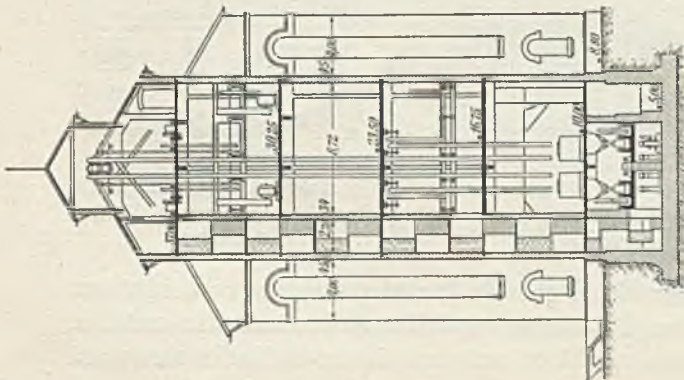


Abb. 243. Querschnitt, Getreidesilo Grands Moulins de Corbeil.

hineingreifenden Teile der Eisenbetonwände als Säulen ausgebildet wurden, zwischen denen horizontale Eisenbetonträger angeordnet sind.

Der Berechnung der Wände wurde zugrunde gelegt:

$$\gamma = 760 \text{ kg/m}^3 \quad \text{und} \\ \varphi = 22^\circ.$$

Die Höhe des Silos von Unterkante Wand bis Oberkante Decke beträgt 17,50 m. Außer den Silowänden sind noch die oberen zwei Eisenbetondecken samt Trägern und Säulen sowie der 5 m hohe Aufbau in der Zeit vom 1. Mai bis 1. Oktober 1906 fertiggestellt worden. Ausgeführt von Meess u. Nees, Karlsruhe.

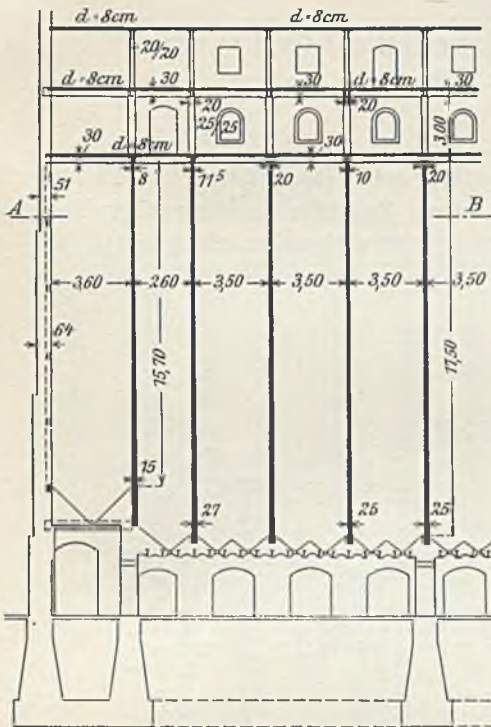


Abb. 245. Längenschnitt.
Getreidesilo Ludwigshafener Malzmühle.

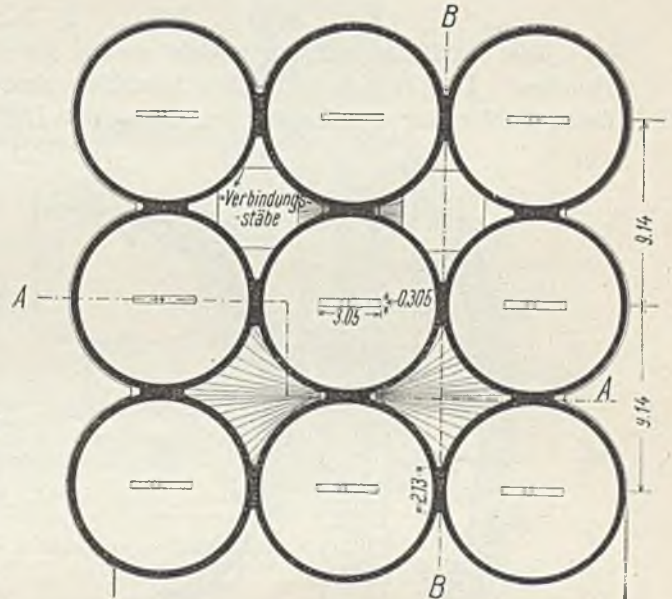


Abb. 249. Grundriß.
Getreidesilo für The Canadian Pacific, Port Arthur.

52. Getreidesilo für die Hof- und Kunstmühle T. Bienert, Dresden-Plauen.

Der 18 m hohe Silo, ganz in Eisenbeton, ist in den Abb. 247 u. 248 dargestellt. Dieser Silo hat für den Silobau in Eisenbeton eine gewisse geschichtliche Bedeutung, da er die Veranlassung zu den wichtigen Versuchen gab, die wir unter dem Namen „Pleißnersche Versuche“ im theoretischen Teil vorgeführt haben.

53. Getreidesilo für The Canadian Pacific, Port Arthur.¹⁾
(Abb. 249 bis 252.)

Die Anlage besteht aus einem eisernen Werkhaus von $4,87 \times 10,97$ m im Grundriß und 50,6 m Höhe, welches die Maschinen enthält, und aus einem Eisenbetonsilo, der sich aus 9 runden Zellen von 9,14 m Durchmesser und 27,43 m Höhe mit je 1533 m^3 Inhalt

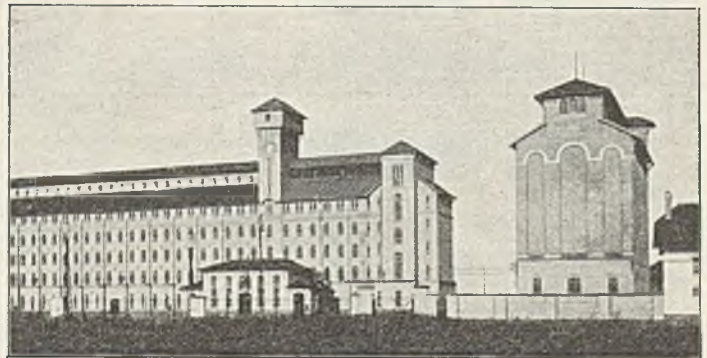


Abb. 247 u. 248. Silo für die Hof- und Kunstmühle T. Bienert, Dresden-Plauen.

¹⁾ Vergl. Milo S. Ketchum, The Design of Walls, Bins and Grain Elevators.

und 4 Zwischenzellen mit je 462 m³ Inhalt zusammensetzt. Das Fassungsvermögen des ganzen Silos beträgt somit 15 645 m³. Die Wände sind 23 cm stark und ruhen auf 61 cm starken Betonfundamenten. Die Bewehrung besteht aus Ring- und Vertikalstäben. Der Querschnitt der Ringbewehrung beträgt:

- für die ersten 4,57 m über der Grundfläche 21,2 cm² für 1 m Höhe,
- „ „ nächsten 10,67 „ 16,4 cm² für 1 m Höhe,
- „ „ „ 6,10 „ 11,9 „ „ 1 „ „
- „ „ „ 6,10 „ 5,3 „ „ 1 „ „

Die Vertikalbewehrung besteht aus 27 gleichmäßig verteilten Stäben von 13 mm Durchm. Die Wände der Zwischenzellen sind durch Zugstäbe zusammengehalten, deren Entfernung voneinander in senkrechter Richtung 1,52 m beträgt. Von unten be-

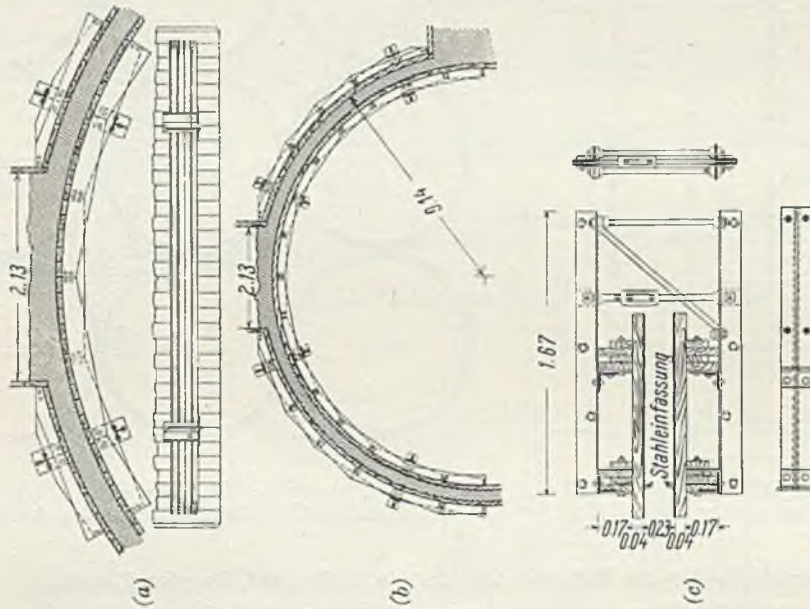


Abb. 252. Details der Einschalung. Getreidesilo für The Canadian Pacific, Port Arthur.

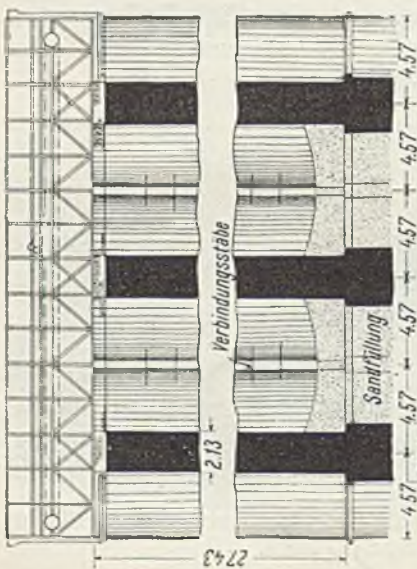


Abb. 250. Schnitt B—B. Getreidesilo für The Canadian Pacific, Port Arthur.

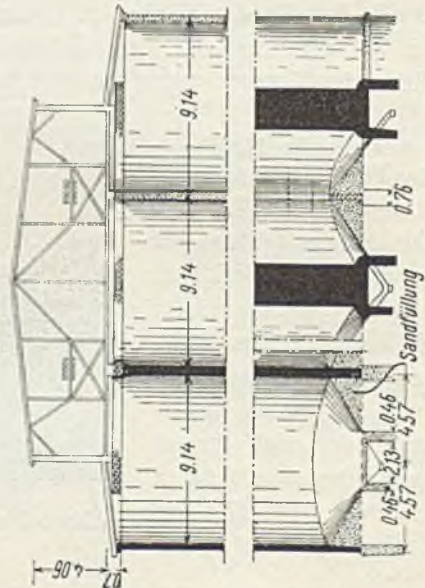


Abb. 251. Schnitt A—A. Getreidesilo für The Canadian Pacific, Port Arthur.

ginnend, ändert sich der Durchmesser dieser Zugstäbe von 44 bis 28 mm. Die 8 cm starken Wände der kegelförmigen Zellentrichter sind in Beton ausgeführt und liegen auf einer Sandfüllung auf.

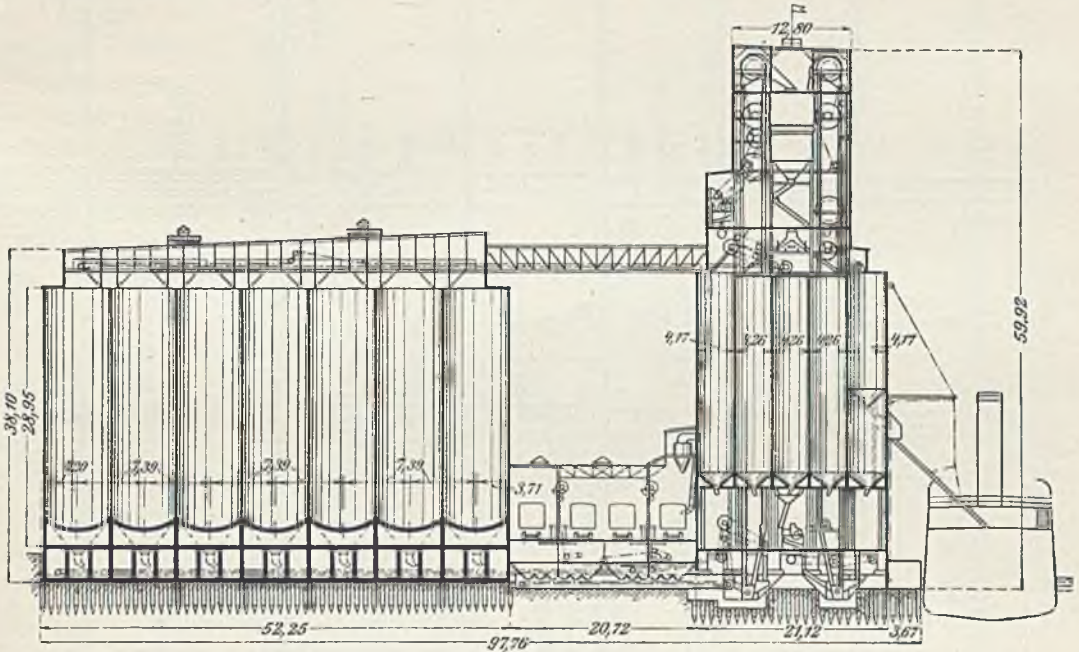


Abb. 253. Ein Riesensilo in Eisenbeton.

Die Ausführung der Zellenwände geschah mittels beweglicher zylindrischer, 1,22 m hoher Formen. Die inneren und äußeren Kranzhölzer wurden mittels der in Abb. 138a dargestellten Vorrichtung im gewünschten Abstände voneinander zusammengehalten.

Alles andere ist aus den Abbildungen ersichtlich.

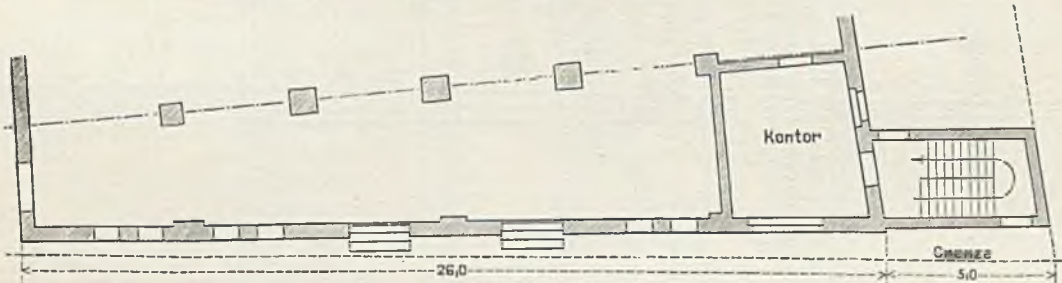


Abb. 254. Grundriß. Getreidelagerhaus in Danzig-Neufahrwasser.

54. Ein Riesensilo in Eisenbeton.

(Grand Trunk Pacific Elevator.)¹⁾

Als solcher ist der durch seine gewaltigen Abmessungen einzig dastehende Getreidesilo, der in Fort William — in den Vereinigten Staaten Nordamerikas — gebaut wird, zu betrachten. Er besteht aus vier Teilen, jeder mit einem Fassungsvermögen von 290 Millionen Hektoliter. Im Jahre 1911 ist der erste Teil von 100 Millionen Hektoliter Inhalt fertiggestellt.

¹⁾ Vergl. „Le Ciment armé“ März 1912.

Abb. 255. Querschnitt.

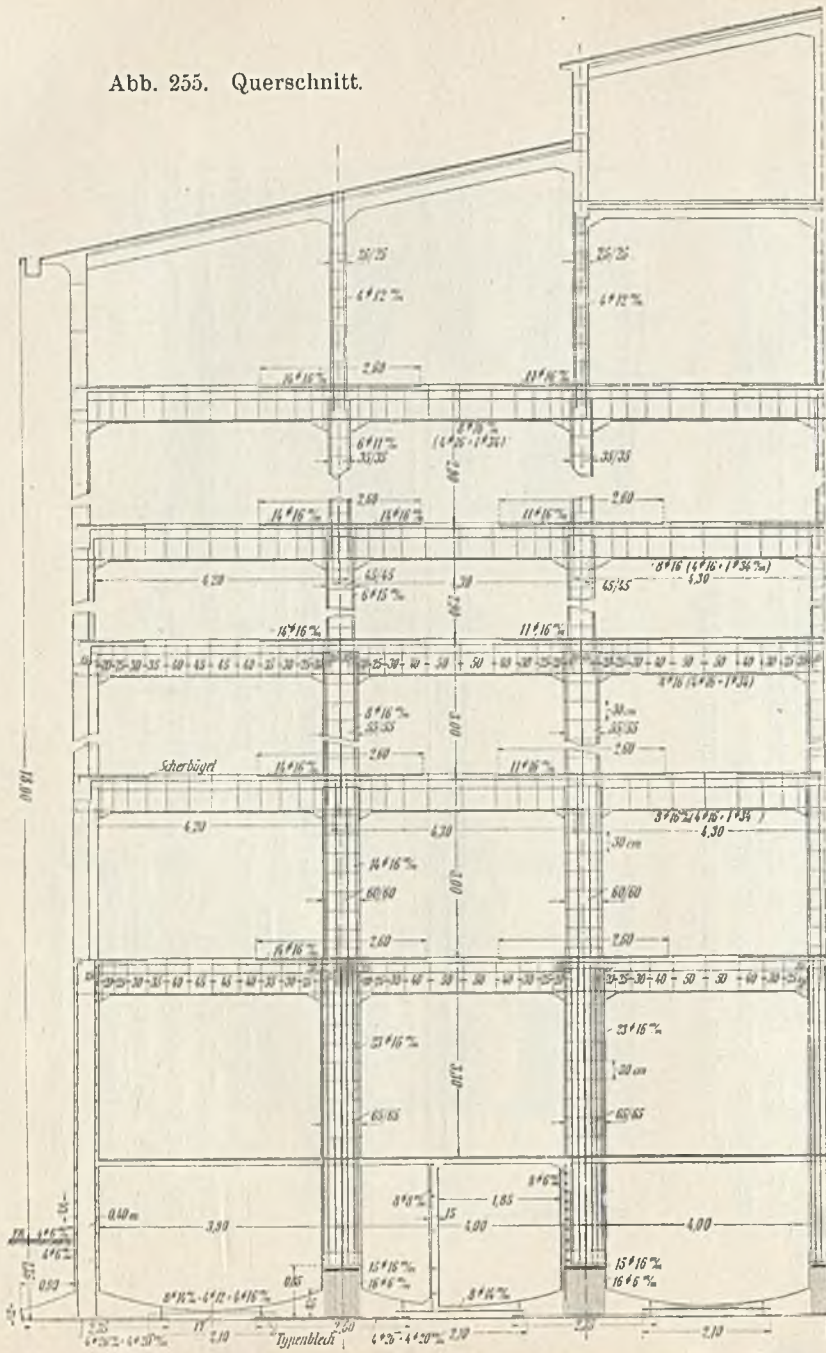
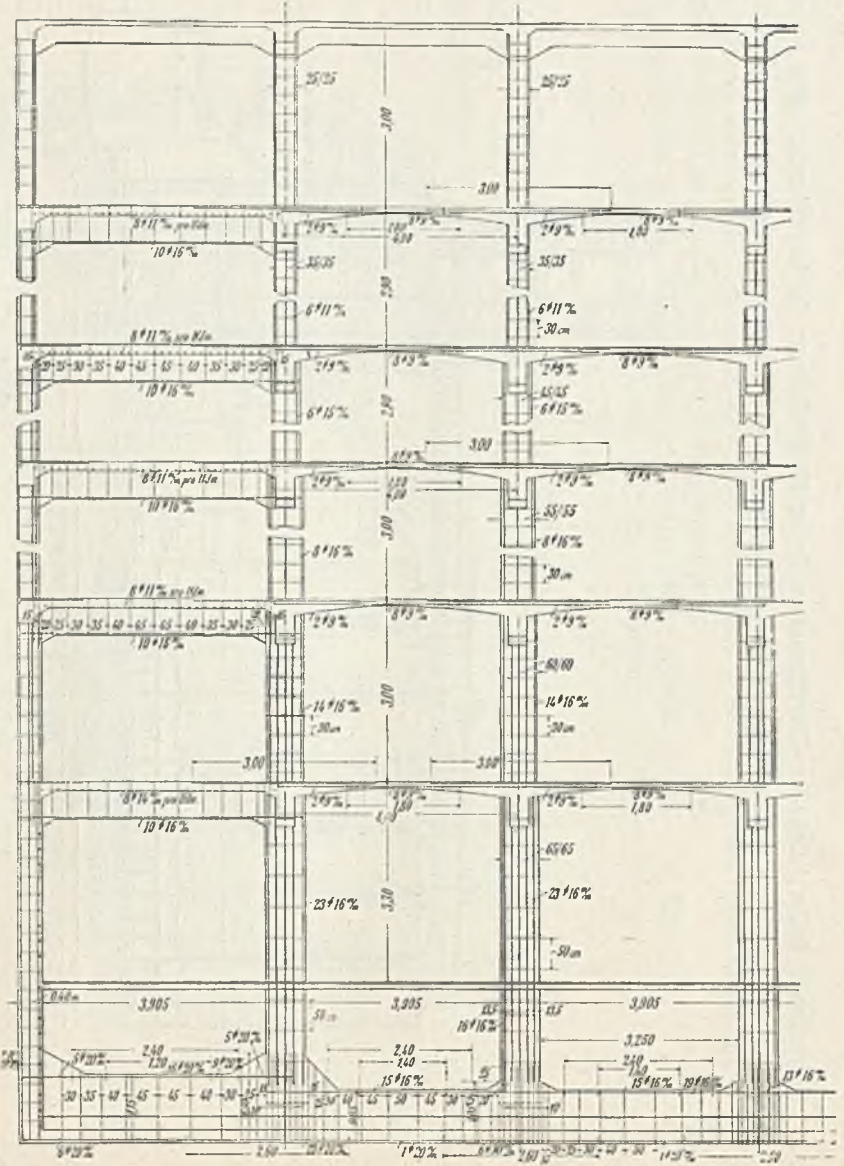


Abb. 257. Längenschnitt. Getreidelagerhaus in Danzig-Neufahrwasser.



Wir geben in der Abb. 253 einen kleinen Teil der Anlage, bestehend aus zwei Zellengruppen, die erste von 75 runden Zellen mit 3,60 m innerem Durchmesser und 24 m Höhe und die zweite von 70 ebensolchen Zellen mit 7 m innerem Durchmesser und 29 m Höhe. In beiden Fällen dienen die verbleibenden Zwischenräume gleichfalls zur Aufnahme von Getreide.

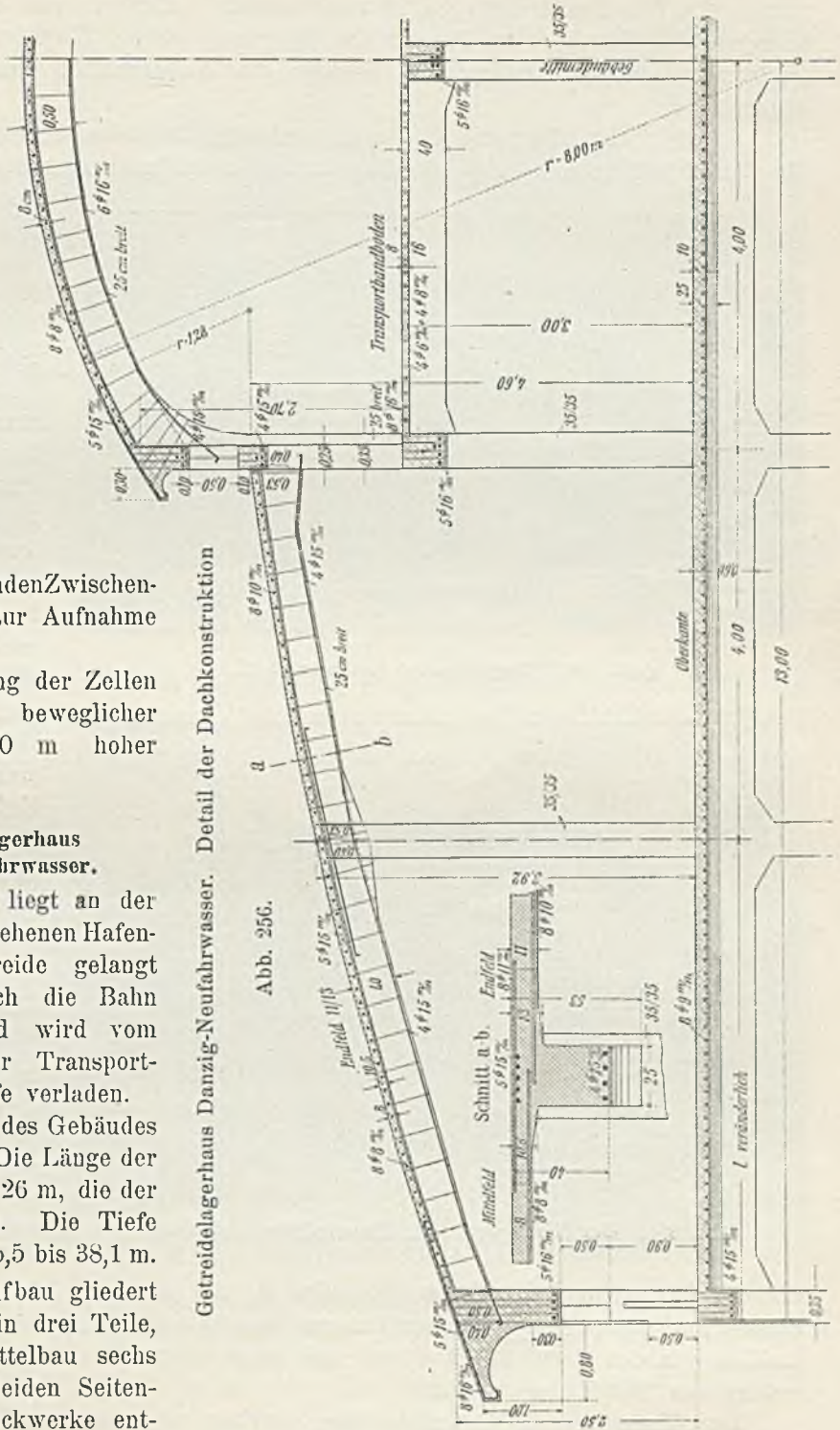
Die Ausführung der Zellen geschah mittels beweglicher zylindrischer, 1,20 m hoher Formen.

55. Getreidelagerhaus in Danzig-Neufahrwasser.

Der Speicher liegt an der mit Gleisanlage versehenen Hafensstraße. Das Getreide gelangt ausschließlich durch die Bahn zum Speicher und wird vom Speicher auf einer Transportbrücke in die Schiffe verladen.

Der Grundriß des Gebäudes ist unregelmäßig. Die Länge der Vorderfront beträgt 26 m, die der Hinterfront 22,1 m. Die Tiefe des Gebäudes ist 35,5 bis 38,1 m.

In seinem Aufbau gliedert sich das Gebäude in drei Teile, von denen der Mittelbau sechs Stockwerke, die beiden Seitenbauten je fünf Stockwerke enthalten. In dem Mittelbau ist außerdem an der Vorderfront ein 30 m hoher Turm eingebaut, der drei weitere Stockwerke zur Aufnahme der Maschinen enthält. Das Getreide wird durch zwei Schütt-



Getreidelagerhaus Danzig-Neufahrwasser. Detail der Dachkonstruktion

Abb. 256.

rinnen von den Eisenbahnwagen in zwei Gruben befördert, von denen der Weitertransport des Getreides im Inneren des Speichers mittels Elevatoren und zweier im Dachgeschoß und in besonderen Kanälen im Kellergeschoß laufender Transportbänder erfolgt.

Der schlechte Baugrund durfte nur mit 1 kg/cm^2 belastet werden. Es ist daher für die Gründung des Gebäudes eine durchgehende Fundamentplatte gewählt worden.

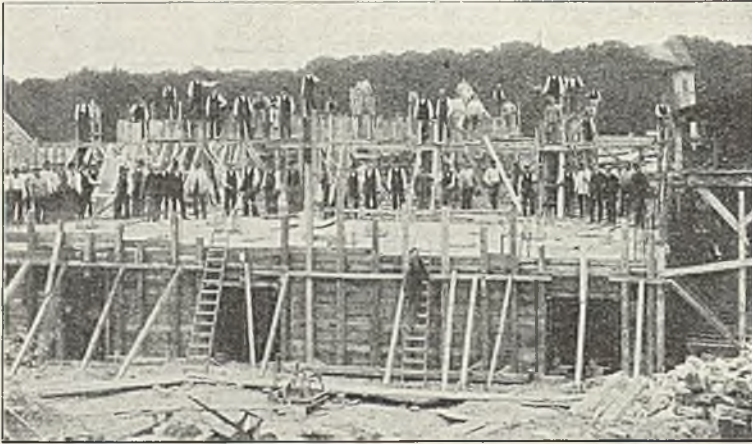


Abb. 258. Eingeschaltes Kellergeschoß.

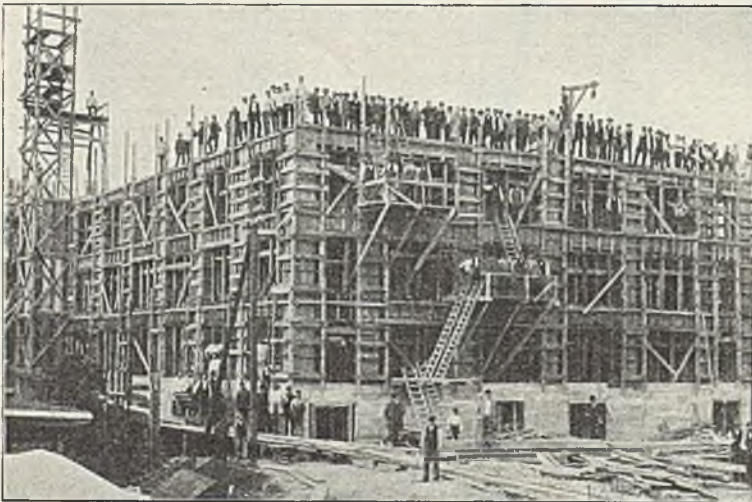


Abb. 259. Getreidelagerhaus in Danzig-Neufahrwasser.

Dieses Fundament besteht aus von Pfeiler zu Pfeiler laufenden Rippen, die als kontinuierliche Träger berechnet sind, und dazwischengespannten umgekehrten Stichbogenplatten. Diese Platten sind als Gerberträger berechnet und konstruiert. Um einem ungleichmäßigen Setzen des Gebäudes und dem Auftreten von Rissen in der Fundamentplatte nach Möglichkeit vorzubeugen, wurde das ganze Kellergeschoß mit der Fundamentplatte als Steifrahmen ausgeführt. Die Seitenwände des Kellergeschosses sind demgemäß in Eisenbeton hergestellt und mit der Decke des Kellergeschosses steif verbunden. Die Decken des Kellergeschosses sowie der übrigen Geschosse sind in der üblichen Weise in

Platten, Rippen und in Unterzüge aufgelöst, die sich auf Säulen abstützen. Die Platten sind als Stichbogen ausgeführt und ebenfalls als Gerberträger berechnet. Die Endfelder in den Geschoßdecken sind steif ausgebildet. Die Decken sind für eine Belastung von 1500 kg/m^2 berechnet.

Der Transport des Getreides vom Speicher zur Transportbrücke erfolgt durch einen in der Mitte der Vorderfront des Gebäudes eingebauten Silo.

Die Gesamtanordnung des Gebäudes zeigt im Grundriß Abb. 254, im Querschnitt Abb. 255 u. 256 und im Längenschnitt Abb. 257. Aus diesen Abbildungen gehen auch

die konstruktiven Einzelheiten und Abmessungen hervor. Abb. 258 gibt ein Bild von dem noch eingeschalteten, vollständig in Eisenbeton ausgeführten Kellergeschoß (dem

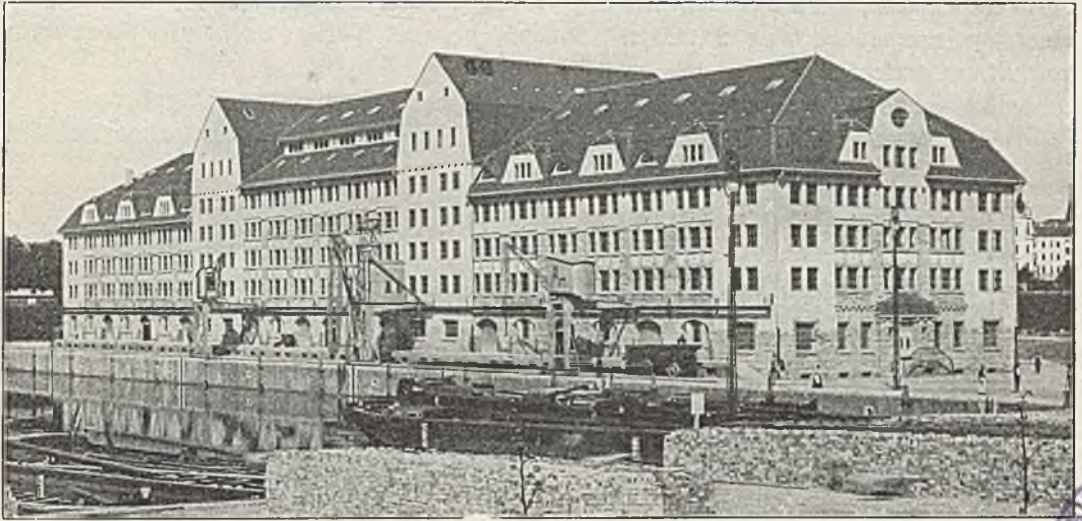


Abb. 260. Ansicht des fertigen Speichers.
Getreidespeicher am Teltowkanal.

Steifrahmen). In Abb. 259 ist das Kellergeschoß bereits ausgeschalt, und die drei ersten Stockwerke sind in der Einschalung. Die Außenwände sämtlicher Geschosse sind mit

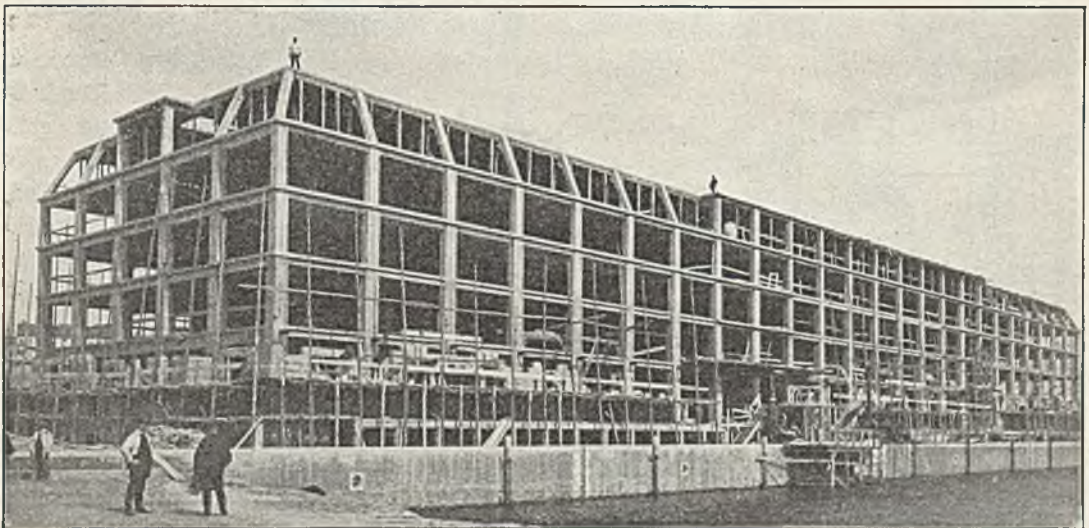


Abb. 261. Aufnahme des Eisenbetongerippes.
Getreidespeicher am Teltowkanal.

Ausnahme des Kellergeschosses durch eine einen Stein starke Ziegelmauerwand ausgemauert.

Das Lagerhaus ist nach dem Entwurf von Professor R. Kohnke durch die Firma Lolat-Eisenbeton, Danzig, in etwa vier Monaten erbaut und wurde am 1. Januar 1909 in Betrieb genommen.

56. Getreidespeicher im Tempelhofer Hafen am Teltowkanal.¹⁾

Der Teltower Kreistag beschloß im Herbst 1904 — nach den Plänen der Erbauerin des Teltowkanals, der Firma Havesstadt u. Contag —, am Tempelhofer Hafen des Kanals einen Speicherneubau von 21 000 m² Bodenfläche, auf Keller und sechs Stockwerke verteilt, zu errichten.

Das ganze Gerippe dieses Gebäudes besteht ausschließlich aus Eisenbeton.

Abb. 260 zeigt das fertige Gebäude, Abb. 261 die tragende Eisenbetonkonstruktion.

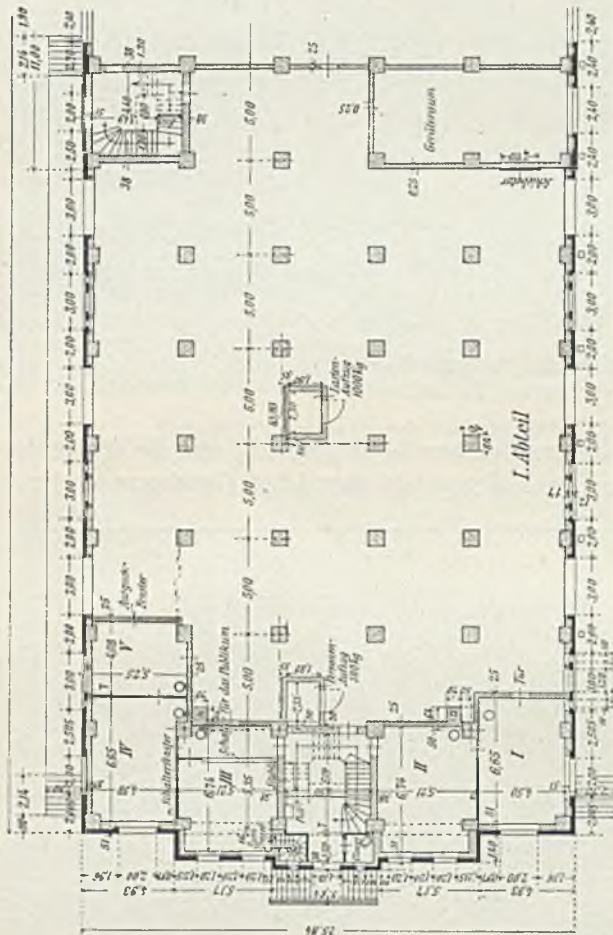


Abb. 262. Grundriß.
Getreidespeicher am Teltowkanal.

dem Grundwasser, liegt. Das Erdgeschoß hat eine verhältnismäßig große, nämlich eine lichte Höhe von 3,40 m unter den Hauptunterzügen mit Rücksicht darauf erhalten, daß dieses Geschoß in erster Reihe als Arbeitsgeschoß zu dienen hat und daher hoch und luftig sein muß, andererseits auch mit Rücksicht auf die fahrbaren Einsackwagen für das Getreide, deren Abmessungen eine solche Höhe erforderten. Die übrigen Geschoßhöhen sind möglichst niedrig, auf 2,25 m festgesetzt, eine Höhe, die auch unter den zur Lagerung der Transportbänder dienenden Bühnen im Dachgeschoß vorhanden ist.

Abmessungen.

Das Gebäude hat eine Länge von 120 m und eine Breite von 25 m. Entsprechend der Baupolizeivorschrift ist die Länge durch zwei Brandmauern in drei Abteile von je 40 m geteilt.

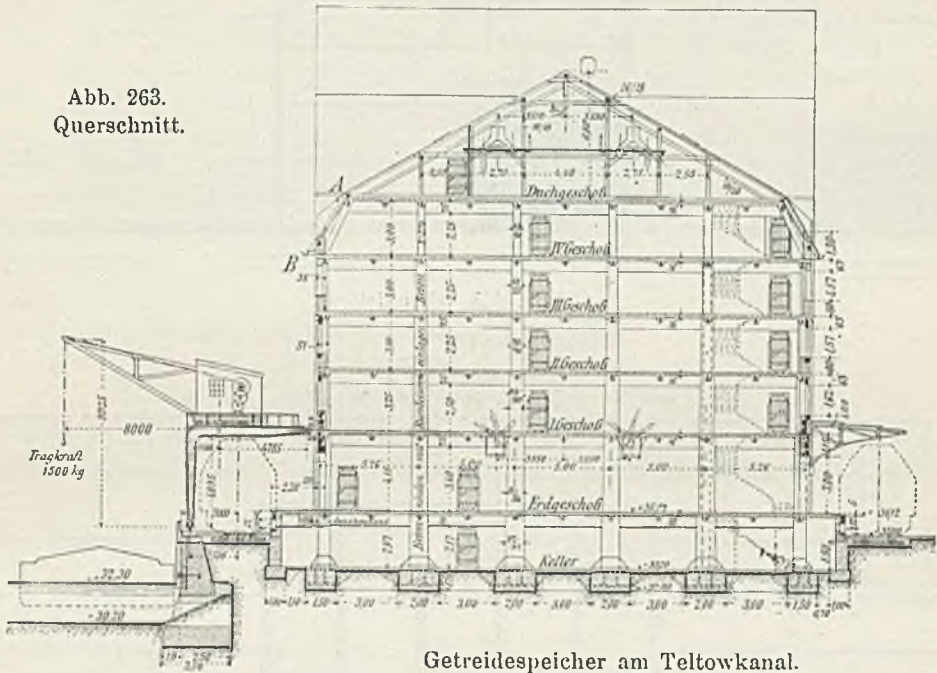
Außer dem Keller- und Erdgeschoß enthält es fünf Stockwerke, die alle für Lagerzwecke benutzt werden können.

Jedes Geschoß hat rd. $25 \times 120 = 3000$ m² Lagerfläche, so daß das ganze Gebäude mit Keller und Erdgeschoß $7 \times 3000 =$ rd. 21 000 m² Bodenfläche enthält.

Die Höhe der einzelnen Stockwerke und die Grundriß- und Querschnittanordnung geht aus Abb. 252 u. 253 hervor. Die Höhenlage des Fußbodens im Erdgeschoß ergab sich mit Rücksicht auf die der beiderseitigen Eisenbahngleise und das Quergefälle der kleinen Ladebühne zu + 36,20 NN. Das Kellergeschoß erhielt eine freie Höhe von 2,17 m unter den Hauptunterzügen, so daß der Fußboden daselbst auf + 33,20 NN., d. i. rd. 90 cm über

¹⁾ B. u. E. 1908, Heft XII u. XIII.

Mit Rücksicht auf die im Mittelabteil liegenden Becherwerke für Getreideförderung und aus architektonischen Gründen ist der Dachstuhl des mittleren Abteils etwas über das Dach der beiden seitlichen Abteile hinausgeführt.



57. Silospeicher für die Silo-Aktiengesellschaft, Düsseldorf (Abb. 264 bis 268).

Der Getreidespeicher mit Silo hat eine Grundfläche von etwa 1200 m² und eine Höhe von etwa 27 m bis zum Dachfirst.

Die Siloanlage befindet sich in der Mitte des Baues und besteht aus 25 Zellen von etwa 17,40 m Höhe. Eine Zelle faßt etwa 250 m³ Getreide. Zu beiden Seiten der Siloanlage sind als Flügelbauten die Getreidespeicher.

Die Nutzlast der Speicherböden beträgt 1400 kg/m². Die Gründung des Gebäudes besteht aus einer Eisenbetonplatte, welche sich unter das ganze Gebäude erstreckt.

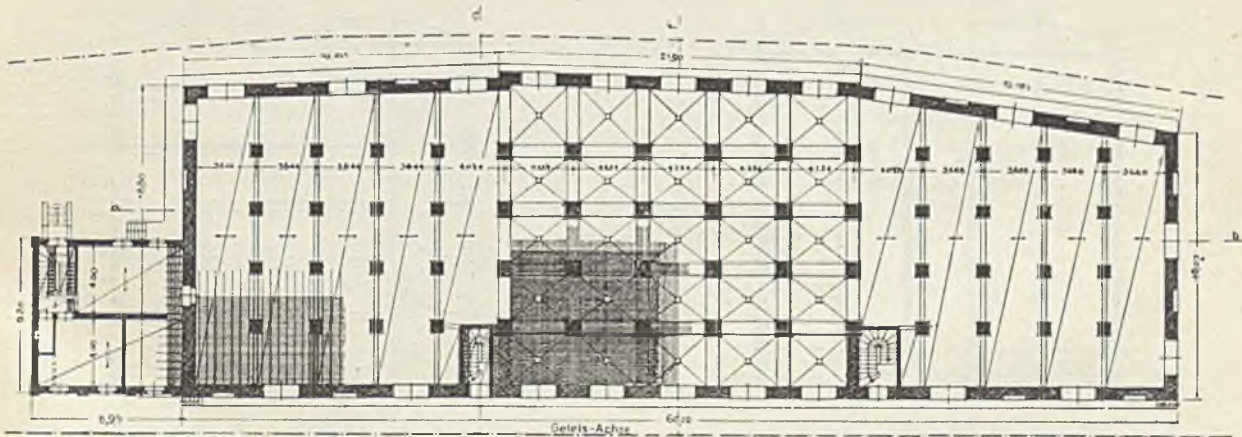


Abb. 264. Grundriß. Silospeicher für die Silo-Aktiengesellschaft Düsseldorf.

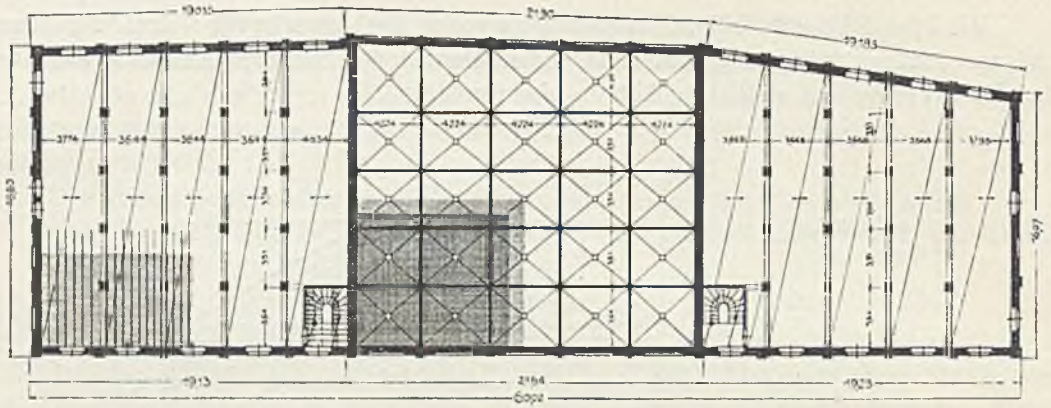


Abb. 265. Grundriß.

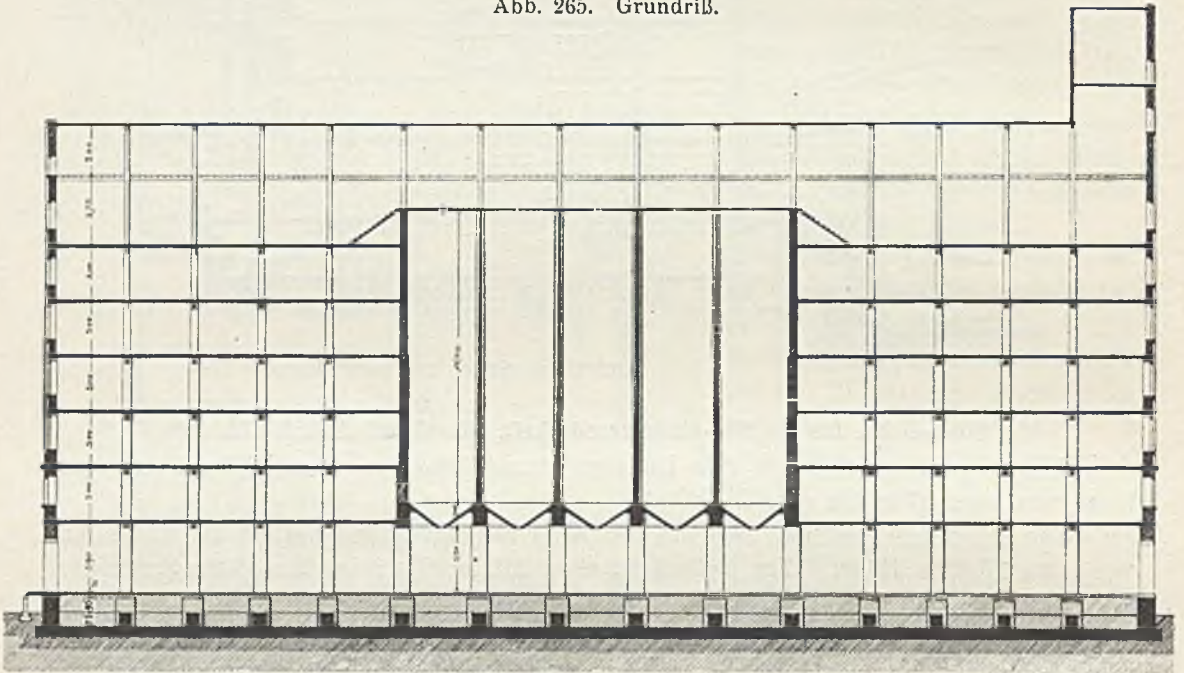


Abb. 266. Längenschnitt.

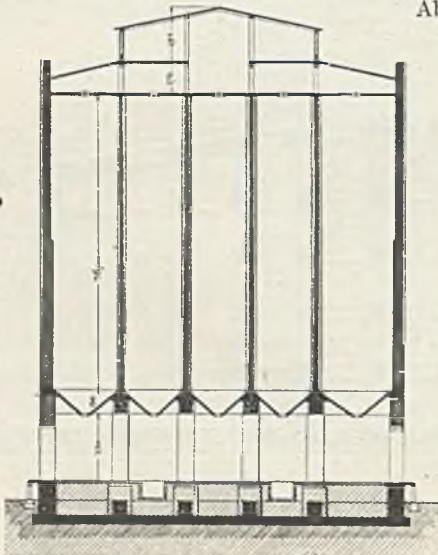


Abb. 267. Querschnitt.

Silospeicher
für die
Silo-Aktien-
gesellschaft
Düsseldorf.

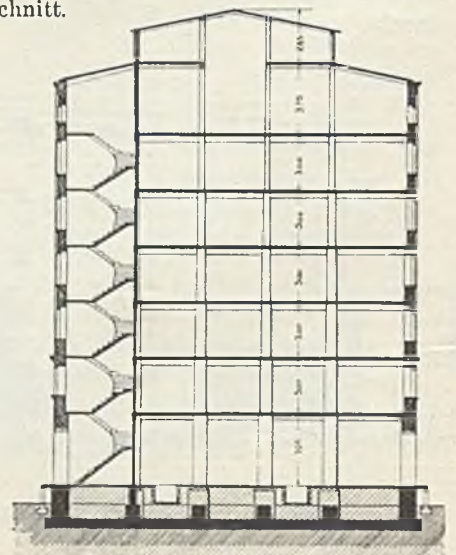


Abb. 268. Querschnitt durch das Treppenhause.

Ausführung: Allgemeine Hochbau-Ges. m. b. H., Düsseldorf.

Es möge nun zum Schluß auf die Wichtigkeit einfacher Lösungen in bezug auf die allgemeine Anordnung von Silos hingewiesen werden. Diese Einfachheit kann entschieden als Merkmal für den Wert des aufgestellten Entwurfs gelten.

Wohl auf keinem anderen Gebiete der Baukonstruktionen dürfte es so sehr wie hier im Geschick des entwerfenden Ingenieurs liegen, durch Ausfindigmachung der günstigsten Gesamtanordnung vor allem auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage einzuwirken. Tunlichst wenig Scheidewände! Möglichste Vermeidung von Trichtern und von der Berechnung unzugänglichen konstruktiven Ausbildungen! Bei der Wahl des Entwurfs ist darauf Bedacht zu nehmen, daß die Ausführungsdetails möglichst einfach und übersichtlich werden; dadurch wird nicht nur ein oft sehr zeitraubender Teil der Bureauarbeit erspart, sondern es ist auch mehr Gewähr für eine gute und sachgemäße Ausführung geboten.

Es bewahrheitet sich also auch hier der Ausspruch:

In Einfachheit erkennt man den Meister.

Und nun möge sich der Silokonstrukteur bei Bearbeitung des Entwurfs die Beachtung folgender zehn — nicht „Gebote“, sondern — Ratschläge angelegen sein lassen:

1. Verschaffe dir vor allem Klarheit über den Betrieb, dem der Silo als Bestandteil zu dienen hat, und verfolge bis aufs genaueste die Funktionen, die letzterer zu erfüllen bestimmt ist.

2. Unterziehe einem eingehenden Studium die in den bauseitigen Unterlagszeichnungen etwa bereits getroffenen Anordnungen des Ganzen und suche den Gedankengang zu verfolgen, der sich aus ihnen herauslesen läßt. — Dies ist die beste Einleitung zum eigenen Entwurf.

3. Behalte bei die festen Teile des bauseitigen Entwurfs, wie etwa Grundrißfläche, Fassungsraum, Fundierungstiefe, Anzahl und Lage der Entnahmeöffnungen, Höhenlage des tiefsten Punktes der Füllschnauzen, Höhe und Lage der in Betracht kommenden Gleise usw., ohne dich von bauseitigen Annahmen irreführen zu lassen, und trachte durch Ausarbeitung mehrerer Varianten die beste Lösung zu finden.

4. Als leitenden Gedanken halte das Bestreben nach Einfachheit fest. Dies erleichtert das Entwerfen, die Ausführung und führt im allgemeinen zu Materialersparnis.

5. Hast du durch Annäherungsberechnungen die Varianten miteinander verglichen und hiervon die geeignetste gewählt, so führe für diese eine etwas genauere Dimensionsberechnung durch, die dann der Kostenberechnung zugrunde gelegt werden soll. Hierbei ist — soweit es sich um teilweise eingespannte Konstruktionen handelt — halbe bis Zweidrittel-Einspannung in Rechnung zu setzen. Die erforderliche Eisenmenge soll jedoch nicht entsprechend diesen Momenten, sondern mit Hilfe von Detailskizzen besonders ermittelt werden.

6. Vergiß bei der Kalkulation nie, die doppelte Schalung der Wände und Trichter zu berücksichtigen.

7. Behandle mit besonderer Sorgfalt die Eckverbindungen und suche stets das Eisen von einer Wand in die sie kreuzende so tief hineinzuführen, als es die negativen Momente erfordern. Auch wo keine Klarheit über den Verlauf der Momente herrscht, soll diese Maßregel mit Annäherung getroffen werden.

8. Bei schwerbelasteten Silos mit nahe aneinanderstehenden Säulen wird es sich im allgemeinen zweckmäßig zeigen, eine durchgehende Eisenbetonplatte für die Gründung in Anwendung zu bringen. Suche dann immer diese Platte so auszubilden, daß eine Berechnung möglich wird (vergl. obenerwähnte Platte vom Silo Burbach), da sie nur dann auch richtig konstruiert werden kann.

9. Laß nie Wände ohne doppelte Einlage, auch wenn sie nur einseitigem Druck ausgesetzt sind. In letzterem Falle ist jedoch die Druckbewehrung untergeordneter Natur. (Vergl. beispielsweise den Silo Völklingen.)

10. Außer der direkten statischen Wirkung sind die Silowandungen oft Stößen, herrührend vom Vorgang der Schüttung, ausgesetzt. Suche in diesem Falle wegen der direkten Abnutzung die höchste Betonspannung, den näheren Umständen entsprechend, unter der zulässigen Grenze zu halten, insbesondere sollen die den Stößen am ersten ausgesetzten Rippen und Kanten durch Profileisen geschützt werden. (Vergl. Silo Burbach.)

Ausgeführte Silobauten.

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Bau- jahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle*)
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Aschensilo für die Gesellschaft für elektrische Unternehmungen, Elektrizitätswerk Wilmersdorf	350	245	4	4,30 · 4,30	7,00	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau	(B. u. E. 1912, S. 381 u. f.
Asche Schlammsilo für den Österr. Verein für chem.-met. Produktion in Aussig .	800	900	15	21,00	max 5,00	1909	N. Rella u. Neffe, Aussig	
Concordiahütte vorm. Gebr. Lossen A.-G. in Engers								
a) Kohlenturm		600				1912	(Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. d. H.	
b) Gaskohlenbunker	50	40						
Erzbunker mit Steinbrecheranlage für die Société des Minéraux de Soumont . .	1 000	2 200	1	12,00 · 13,00	9,50	1913		
Erzbunker mit zugehörigen Erztaschenschlüssen für Anlage in Österreich. Oderberg für die Firma A. Hahn, Röhrenwalzwerk in Berlin-Österreich. Oderberg	1 100	3 850	10	4,00 · 5,70	6,00	1912	Ed.Züblin u. Cie., Straßburg i.E.	
Erzbunker für die Prager Eisenindustrienges. in Krusna-Hora	1 185	2 370		7,80 · 7,80		1913	(Wayss u. Freytag A.-G. u. Meining, G. m. b. H., Wien	
Erzbunker für die Société Anonyme des Forges de la Providence in Marchienne-au-Pont (Belgique)	3 300	5 300	9	6,00 · 13,50	6,80	1911		
Erzbunker, Drei, mit zugehörigen Klappenverschlüssen und Windwerken für die Compagnie des Forges de Châtillon, Cominotry et Neuves-Maisons in Neuves-Maisons	7 500	13 000	20	5,50 · 12,50	7,80	1911/12	Ed.Züblin u. Cie., Straßburg i.E.	
Erzbunker, Zwei, mit zugehörigen Klappenverschlüssen für die Société Métallurgique de Sambre-et-Moselle in S. A. Montigny s. Sambre	9 200	18 500	{ 6	7,00 · 11,50	} 10,30	1912		
	15 600	31 200	{ 6 12 12	7,00 · 16,20 7,00 · 12,65 7,00 · 10,50				

11 *

*) Abkürzungen: B. u. E. = Beton u. Eisen. — B.-K. = Beton-Kalender. — Dtsche. Bztg. = Deutsche Bauzeitung. — Dingl. Pol. Journ. = Dinglers Polytechnisches Journal. — E. K. u. B. = Electr. Kraftbetr. u. Bahn. — Hdb. = Handbuch für Eisenbetonbau. — Mörsch, E. = Mörsch, Eisenbetonbau. — Schweiz. Bztg. = Schweizerische Bauzeitung. — Südd. Bztg. = Süddeutsche Bauzeitung.

Verzeichnis ausgeführter Eisenbetonsilobauten. — Aschensilos, Erzbunker.

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Erzbunker, Zwei, mit zugehörigen Erztaschenverschlüssen für die Aciéries Pol-Boel in La-Louvière (Belgique) . . .	9 300	15 000	12	6,00 · 18,50	9,20	1912		
Erzbunker für die Gelsenkirchener Bergwerks-Aktiengesellschaft, Abt. Aachener Hüttenverein in Esch a. d. Alz.	10 000	17 000	16	6,00 · 13,25	11,20	1911		
Erzbunker samt zugehöriger maschineller Einrichtung für die Société des Aciéries de France Usines d'Isbergue	10 120	21 000	16	5,65 · 16,00	10,00	1912	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Erzbunker für die Gutehoffnungshütte in Oberhausen (Rhld.)	16 500	30 000	12	10,40 · 14,00	10,15	1911		
Erzbunkeranlage in Pienne (Meurthe-et-Moselle) mit zugehörigen Klappenverschlüssen für die Société des Forges et Aciéries du Nord et de l'Est in Valenciennes et Jarville	1 300	2 160	1	10,50 · 16,00	10,60	1911		
Erzbunkeranlage für die Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- u. Hütten A.-G., Abtlg. Dortmunder Union	15 000	45 000	18 1	8,00 · 16,00 12,00 · 16,00	6,00	1911	Franz Schlüter, Dortmund	
Erzbunkeranlage samt zugeh. maschineller Einrichtung für die Société Métallurgique de Pont à Vendin Lens.	17 000	27 000	27	5,90 · 13,50	10,80	1912/13	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Erz- und Koksbunker für die Firma F. de Saintignon & Cie. in Longwy-Bas (Meurthe-et-Moselle)	1 610 1 810	2 750 1 100	8 9	6,50 · 9,00 6,50 · 9,00	4,40 4,40	1911/12		
Erzsilo für die Brikettierungsanlage der Hochöfen, Eisenwerk Witkowitz	400	1 400	4	4,90 · 4,50	5,00	1912	N. Rella u. Neffe, Wien	
Erzsilo für den Lothringer Hüttenverein Aumetz-Friede in Kneuttingen	600	1 200	9	15,00 · 4,20	7,50	1913	Wayss u. Freytag A.-G. u. Meining G. m. b. H., Wien	
Erzsilo für die Braunsteinwerke Dr. Geier, Waldalgesheim	4 300	7 800	1	20,00 · 36,00	6,00	1912	Carl Brandt, Düsseldorf	
Erzsilo für die Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft in Krusna Hora	1 400	2 700	4	6,00 · 8,00	9,00		Wayss u. Freytag A.-G. u. Meining G. m. b. H., Wien	
Erzsilo für die Société Civile des Mines de Saint-Pierremont in Mancieulles (Meurthe-et-Moselle)	1 450	2 400	1	15,00 · 15,00	9,00	1909	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Erzsilo für die Salangens Bergwerksaktiengesellschaft in Salangsverket (Norwegen)	1 488	2 083		5,60 · 32,80	8,10	1908	Gebr. Huber, Breslau	
Erzsilos für die Bergwerksgesellschaft Gg. v. Giesches Erben, Bleischarleygrube	2 200	10 000	8	5,50 · 5,50	9,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Dresden	
Erzsilo, Erweiterung des, für die Salangens Bergwerksaktiengesellschaft in Salangsverket (Norwegen)	2 310	3 234		11,50 · 16,40	12,25	1911	Gebr. Huber, Breslau	
Erzsilo für die Prager Eisen-Industrie-Gesellschaft in Königshof (Füllrumpfanlage)	2 600	5 000	1	108,00 · 6,00	4,00	1913	Wayss u. Freytag A.-G. u. Meining G. m. b. H., Wien	
Erzsilo für die Fentscher Hütte in Kneuttingen	2 700	5 400	18	15,00 · 4,20	8,10	1906	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 72. Mörsch, E., 4. Aufl.
Erzsilo d. dänischen Superphosphatfabrik, Kastrup	2 900	6 000	2	24,00 · 12,00	5,00	1913	Christiani u. Nielsen, Kopenhagen	
Erzsilo für die Société Anonyme d'Ongrée-Marihaye in Rodingen (Luxemburg)	3 500	6 000	13	13,00 · 4,00	7,00	1910	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Erzsilo für die Gewerkschaft „Jacobus“ in Pierrevillers	4 400	8 800	5	8,20 · 16,80 7,20	8,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Erzsilo für den Eisenhütten-Aktienverein in Dädolingen	5 100	10 100	42	7,00 · 4,75	6,50	1907		Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 72 u. B.-K. 1914, Teil II, S. 214.
Erzsilo für die Salangens Bergwerksaktiengesellschaft in Salangsverket (Norwegen)	5 198	7 277		11,50 · 36,90	12,25	1908	Gebr. Huber, Breslau	
Erzsilo für die Société Anonyme des Usines de l'Espérance in Louvroil près Maubeuge (Nord)	5 600	9 300	2	15,00 · 41,00	7,50	1910	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Erzsilo für die Buderusschen Eisenwerke in Wetzlar	7 650	13 300	14	16,50 · 8,85	3,70	1908		
Erzsilo für die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke G. m. b. H. in Völklingen	9 450	16 000	135	5,00 · 5,00	4,75	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 78.
Erzsilo, Erztaschen für die Gelsenkirchener Bergwerksaktiengesellschaft, Abteilung Aachener Hüttenverein in Esch a. d. Alz.	9 800	16 630	16	6,00 · 13,25	10,80	1911	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Sites		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bezw. Quelle
	m ²	t		m ²	m			
Erzsilos für die Forges et Aciéries du Nord et de l'Est in Valenciennes . . .	9 850	19 700	25	18,50 · 5,12	8,50	1909		Mörsch, E., 4. Aufl.
Erzsilos für die Burbacher Hütte in Burbach . . .	13 100	26 200	3	26,70 · 20,00	6,00	1901		(Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 86.) Mörsch, E., 4. Aufl.
Erzsilos für die Moselhütte in Meizières . . .	14 750	29 500	50	7,50 · 3,75	12,00	1901	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 63.
Erzsilos für das Eisen- und Stahlwerk Hösch & Co. in Dortmund	30 000	56 000	zus. =	120,0 — 55,0	10,00	1912		
Erz- und Kalksilos für die Rombacher Hüttenwerke, Rombach in Röhlingen	200		4zus. =	20,76 — 4,20	9,50	1913		
Erz- und Kalksteinsilo, Wesel	16 000		32	7,62 · 8,00	6,50	1910	Fr. Vollrath, Wesel	B. u. E. 1911, S. 292
Erzschalen (Hochbahnanlage) f. d. Bergbau-Eisenh.-Gewerksch. Witkowitz . . .	1 000	3 500	12	3,30 · 6,66	5,00	1911	N. Rella u. Neffe, Wien	
Erzschalenanlage für die Société Anonyme d'Ougrée-Marihay in Rodingen	1 200	2 000	3	8,00 · 9,60	10,00	1910		
Erzschalenanlagen mit zugehöriger maschineller Einrichtung für die Usine Métallurgique de la Basse-Loire (Trignac)	1 300	3 400	8	5,00 · 5,95	7,00	1912		
Erzschalenanlage mit zugehöriger maschineller Einrichtung für die Société Métallurgique de Gorey	1 400	2 200	4	5,00 · 12,00	8,00	1912/13	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Erzschalenanlage für die Société Anonyme d'Ermenville in Crusnes (Marthe-et-Meuse)	4 100	7 000	2	16,10 · 22,00	9,20	1912		
Erzschalenanlage, Verlängerung der, für die Société Anonyme d'Ougrée-Marihay in Rodingen	6 000	10 000	22	4,00 · 13,00	7,00	1912/13		
Erzschalenanlage mit zugehöriger maschineller Einrichtung für die Société des Mines de Saint-Pierremont in Villersrupt	6 800	11 400	2	13,30 · 24,70	13,80	1912		

Erzschalenanlage für die Hütte in Esch a. d. Alz. samt dazugehöriger maschineller Einrichtung zur Erz- und Koks-schalenanlage für die Vereinigten Hüttenwerke Burbach-Eich-Düdelingen	11 800	20 000	20	6,70 · 12,00	10,80	1912	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 83.
Erzschalenanlage der Leverkusener Farbwerke vorm. F. Bayer & Co., Leverkusen	12 000	42 000	5	14,00 · 19,00	9,00	1911	Allg. Hochbau - Ges., Düsseldorf	
Erzschalenanlage f. d. Heinrichshütte d. Fu. Henschel & Sohn in Hattingen	45 000	170 000	12	38,00 · 11,50	7,80	1910		Hdb., 1. Aufl., Bd. IV, 2. Teil, S. 122.
Erzschalen für die Rombacher Hüttenwerke in Rombach						1906		
Erzschalenverlängerung für den Lothring'er Hüttenverein Aumetz - Friede in Knauttingen	1 250	1 000	6	10,00 · 16,00	5,70	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 71.
Erztrichter (Hochbahnanlage) f. d. Bergbau-Eisenh.-Gewerksch. Witkowitz	200	700	4	4,50 · 26,70	4,40	1911	N. Rella u. Neffe, Wien	
Feinkalksilos für die Zement- und Wasserkalkwerke A.-G. Gesacke	630	850	5	4,40 · 4,40	6,50	1910	Franz Schlüter, Dortmund	
Feinkohlenturm auf Zeche König-Ludwig, Schacht I u. II und III/IV	300		15		7,50			
Feinkohlenturm auf Zeche Carl Friedr. Erbstollen	1 130	1 270	6	5,00 · 5,00	7,50	1910		
Feinkohlenturm auf Zeche Carolinenglück, Bochum i. W.	800	900	3	4,20 · 8,00	8,00	1913		
Feinkohlenturm auf Zeche Ewald, Fortsetzung	2 200	2 480	9	5,50 · 5,50	7,50	1912	Carl Brandt, Düsseldorf	
Feinkohlenturm auf Zeche Rocklinghausen II	2 600	2 910	8	6,00 · 6,00	9,00	1907		(Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 98, ferner B. u. E. 1911, S. 183.)
Feinkohlenturm auf Zeche König-Ludwig b. Rocklinghausen								
Schacht I und II	1 600	1 300	8	5,00 · 5,00	8,00	1911		
Schacht III und IV	2 800	2 250	15	5,00 · 5,00	7,50	1912		
Füllrumpfe für die Gewerkschaft „Jacobus“ in Roncourt	3 050	7 500	1	16,30 · 40,00	5,60	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Gerstensilos für die Brauerei Kühltropf, Lan u. d. Thuya, N.-O.	400	300	8	3,80 · 5,80	3,55	1911	N. Rella u. Neffe, Wien	

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Gerstensilo für Kaisers Kaffee-Geschäft G. m. b. H. in Spandau	1 990	1 100	8	4,50 · 4,30	10,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	{ B. u. E. 1911, S. 410 u. Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 128.
Gerstensilo für Kaisers Kaffee-Geschäft G. m. b. H. in Dülken	1 200	900	3	3,50 · 3,50	16,00	1910		
Gerstensilo für die Firma H. W. Grütters in Krefeld	1 680	1 280				1912		
Gerstensilo für die Brauerei Leicht in Vaihingen	1 950	1 100	9	4,50 · 3,50	15,00	1902		
Gerstensilo f. d. Chamowniki-Brauerei in Moskau	4 150	3 320	28	3,70 · 5,00	8,00	1910	H. Eberling u. Cie., Moskau	
Gerstensilo für die Kathreiners Malzkaffee-fabriken G. m. b. H. in Uerdingen	12 500	8 000	zus. =	{ 4,60 · 4,60 32,50 · 39,50 }	32,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Gerstenspeicher f. d. Chamowniki-Brauerei in Moskau	300 90	240 72	4 1	4,00 · 4,00 6,20 · 3,60	4,60 4,40	1910	H. Eberling & Cie., Moskau	
Getreidesilo für die Bernburger Saalmühlcn A.-G., Bernburg a. d. S.	280	190	{ 3 3 3 3 1 1 6	1,60 · 1,00 1,60 · 1,00 1,60 · 1,00 1,60 · 0,95 3,20 · 1,60 1,75 · 1,60	5,50 10,75 18,25 9,50 6,50 13,40 20,00	1911	R. Wolle, Leipzig	
Getreidesilo für die Mühle Georg Plange in Williemsburg a. E.	550	450	7	2,80 · 2,90	10,80	1903	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Getreide-Mehlsilos für die „Union“ Dampf-mühlen A.-G. Eszek, Slavonien	650 1 600 720	550 1 250 610	6 20 12	9,00 6,50 6,00	12,00 12,00 10,00	1912	N. Rella u. Neffe, Wien	
Getreidesilo für Uhlig u. Weiske, Lausigk	800	550	16	1,80 · 2,00	14,00	1910	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	
Getreidesilos für die Mehlfabriken Sylvan, Carouge (Genève)	850	700	6	3,50 · 5,00	9,00	1904	de Vallière et Simon, Ingenieure, Lausanne	
Getreidesilo, Erweiterungsbau f. Hch. Auer, Köln a. Rh.	840	630	{ 2 2 2	2,82 · 3,02 2,82 · 2,55 2,82 · 2,05	19,00	1911	Allg. Hochbau-Ges. Düsseldorf	
Getreidesilo für die Rieselgüter der Stadt Berlin	1 000	750	5	8,50 · 8,25	6,50	1909	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	

Getreidesilo für die Firma Hintze u. Sohn in Medingen	1 000	750				1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Getreidesilo für die A.-G. Preßhefefabrik Hollandia, Schiedam	1 270	1 000	12	2,80 · 3,15	12,00	1911	Amsterd. Fabrik van Cement Yjzer Werken, Amsterdam	
Getreidesilo für die Firma Rößner in Groß-Heringen	1 350	1 000	9	2,85 · 3,25	19,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Getreidesilo für A. Michel, Düren	1 400	1 000	12	2,60 · 4,25	10,50	1907	Allg. Hochbau-Ges. Düsseldorf	
Getreidesilo für die Firma Giuseppe de Natale in Palermo	1 420	1 160	{ 8 8	4,00 · 1,70 3,20 · 1,70	11,10	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Getreidesilo für die Walzenmühle des Herrn Bremme in Unna	1 450	1 300	8	3,45 · 2,65	20,00	1910	Franz Schlüter, Dortmund	
Getreidesilo für die A.-G. Brot- und Mehl-fabrik Ceros, Amsterdam	1 530	1 220	14	2,40 · 2,50	18,20	1905	Amsterd. Fabrik van Cement Yjzer Werken, Amsterdam	
Getreidesilo für die Firma Hemsoth am Hafen zu Dortmund	1 600	1 400	8	4,85 · 4,60	9,00	1908	Franz Schlüter, Dortmund	
Getreidesilo für die Firma Schulze & Hoppe in Spandau	1 660	1 300	12	3,75 · 3,70	11,85	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	B. u. E. 1911, S. 411.
Getreidesilos in Budapest	2 200	1 700	11	3,50 · 4,00	14,20		Entwurf	B. u. E. 1911, S. 200.
Getreidesilo für die Firma von Schlumberger u. Trautmann in Wolfskirchen	2 350	2 000	12	3,60 · 3,60	16,00	1902	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	{ Dtsch. Bztg. 1905, Nr. 22 bis 24. u. Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 146.
Getreidesilo für die Germania-Mühlenwerke, vorm. Werner u. Nicola, in Mannheim	2 350	2 000	6	4,35 · 4,60	18,50	1906		
Getreidesilo (und Malztennen) für H. L. Warendorf in Striegau	2 632	3 685	14	5,00 · 3,25	12,70	1906	Gebr. Huber, Breslau	
Getreidesilo für die A.-G. Niederländische Preßhefe- und Spiritusfabrik, Brugge (Belgien)	2 850	2 280	18	2,15 · 3,50	21,00	1908	Amsterd. Fabrik van Cement Yjzer Werken, Amsterdam	
Getreidesilo für die Firma Mathai u. Weil in Worms	3 300	2 800	{ 6 6	4,15 · 4,80 2,90 · 4,80	21,00	1907	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Getreidesilo für das Speditionsgeschäft G. E. Müller, Dresden, am Königin-Carola-Hafen	3 500	2 650	20	4,00 · 4,00	11,00	1905	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Getreidesilos für Vilgrain & Cie., Nancy	3 700	3 050	{ 8 6	4,10 · 4,10 4,20 · 4,30	14,00	1909	de Vallière et Simon, Ingenieure, Lausanne	
Getreidesilo für die Wormser Kunstmühlcn A.-G. in Worms	3 950	3 000	16	{ 4,23 · 5,12 2,275 · 3,77 }	21,00	1908	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 124 u. B.-K. 1914, Teil II, Mörsch, Silos, S. 213.

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Getreidesilos für die Mehlfabriken Palmpalais (Genève)	4 200	3 500	21 7	3,60 · 3,60	12,00	1904	de Vallière et Simon, Ingenieure, Lausanne	
4,60 · 3,60								
Getreidesilo für die Johannismühle G. m. b. H. in Posen	4 700	3 200	18	4,00 · 4,00	15,80	1906	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Getreidesilo f. d. A.-G. der Löhberger Mühle in Niederlahnstein	4 750	3 300	18 4	3,60 · 4,30	15,00	1911	Allg. Hochbau - Ges., Düsseldorf	
2,20 · 4,30								
Getreidesilo für J. Petersen in Neustadt (Holstein)	4 800	4 200	24	5,16 · 5,16	11,00	1910	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Getreidesilo für die gräflich von Bennigsensche Mühle, Banteln			6	3,00 · 3,00	16,00	1911	B. Liebold u. Co. A.-G., Holzminden	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 133 u. f.
Getreidesilo für die Dampf- und Wassermühlenwerke A.-G. Prang in Gumbinnen	5 300	4 000	16 2	4,00 · 4,00	20,20	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
5,30 · 4,00								
Getreidesilo für Hch. Auer, Köln a. Rh.	5 400	4 000	17 6	3,60 · 4,00	19,00	1908	Allg. Hochbau - Ges., Düsseldorf	
1,65 · 4,00								
Getreidesilo für Carl Donner in Charlottenburg	5 500	5 000	18	5,17 · 5,17	15,00	1909	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Getreidesilo für die Silo-A.-G., Düsseldorf	6 000	4 500	25	3,51 · 4,22	16,00	1908	Allg. Hochbau - Ges., Düsseldorf	
Getreidesilo und Schützkammer für die „Union“ Dampfmühlen A.-G. Bares, Südungarn	6 000 2 900	5 100 2 450	12 6 2 Kam.	16	25,00 6,00	1912	N. Rella u. Neffe, Wien	
8								
120								
Getreidesilo für die Hafentmühle am Osthafen in Frankfurt a. M.	6 300	5 000	10 10	4,00 · 4,00	22,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Mörsch, E., 4. Aufl.
4,00 · 2,50								
Getreidesilo mit hohlen Zellenwänden für die Illkircher Mühlenwerke in Straßburg	6 300	5 000	18	4,80 · 4,80	20,00	1903	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Dtsche. Bztg. 1905, Nr. 22 bis 24 u. Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 147.
Getreidesilo für die Prager Dampfmühlen A.-G., Prag	8 000	6 400	24	3,50 · 3,50	27,00	1910/11	Carl Brandt, Düsseldorf	
Getreidesilo für das Mühlenwerk Schneider u. Zimmer, Lissa i. P.	7 000		14	5,50 · 5,50	16,50	1904/05	Lolat-Eisenbeton, Glogau	B. u. E. 1906, S. 62 u. Tafel IV.
Getreidesilo für die Krefelder Lagerhaus-Gesellschaft in Krefeld	7 700	5 780	18 24	3,80 · 3,80	22,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
1,90 · 4,30								

Getreidesilo für die Rhenania-Transport-G. m. b. H. in Mannheim	8 000	6 000	24 20 4	3,40 · 4,20	20,20	1912		
3,10 · 3,20								
3,50 · 3,20								
Getreidesilo für die Wurzener Kunstmühlenwerke und Biskuitfabrik, Wurzen	8 000	6 000	22	4,60 · 4,60	16 bzw. 19	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Getreidesilo für die Società Magazzini Generali in Castellamare	9 000	8 000	34	4,15 ∅	16,00	1910		Mörsch, E., 4. Aufl.
Getreidesilo für die Stadt Straßburg i. E. am Rheinhafen	9 000	7 200	10 18 40	4,00 · 4,00	18,80	1910	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
4,00 · 1,90								
1,90 · 1,90								
Getreidesilo für die Société du Port de Haidar-Pascha	9 400	8 500	45	3,80 · 3,80	11,00	1904		
Getreidesilo am Rheinhafen für die Stadt Straßburg	10 000	8 000	45	4,00 · 4,00	16,00	1899	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Dtsche. Bztg. 1905, Nr. 22 bis 24 u. Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 142 u. f.
Getreidesilo für die Russische Reichsbank, St. Petersburg in Talowaja	10 500	8 000	30,00 · 18,75 6,48 · 18,72	15,00	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.		
42,00								
Getreidesilo für die Germania-Mühlenwerke vorm. Werner u. Nicola, in Mannheim	10 500	9 000	32	4,30 · 4,60	18,50	1906		Dtsche. Bztg. 1905, Nr. 22 bis 24.
Getreidesilo für die Firma Hildebrandt u. Söhne in Mannheim u. Weinheim i. Br.	13 000	10 000	16 16 24	2,00 · 2,75	23,00	1906	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
4,00 · 4,50								
4,00 · 2,75								
Getreidesilo für die Grands Moulins de Corbeil in Corbeil bei Paris	13 600	11 000	28	4,75 · 5,00	25,00	1908		Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 148.
Getreidesilo und Lager für Militärgetreide für die Schweizerische Eidgenossenschaft in Altdorf (Schweiz)	13 800	11 500	30	5,00 · 5,00	22,00	1912		
Getreidesilo für die Firma Consol Müller in Brake	14 000	11 300	49	4,00 · 4,00	18,00	1912	Carl Brandt, Düsseldorf	
Getreidesilo für die Landwirtschaftliche Großhandels-gesellschaft in Danzig	14 700	11 000	196 18	3,75 · 3,75	28,00	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	B. u. E. 1912, S. 86 u. f. u. Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 129.
3,75 · 3,75								
Getreidesilo und Lager für die Illkircher Mühlenwerke in Straßburg	15 300	15 000	24 24	4,50 · 5,00	23,00	1907/08	Ed. Züblin u. Co., Straßburg i. E.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 147.
4,50 · 2,50								
Getreidesilo f. d. Pfälzischen Mühlenwerke Mannheim	16 150	12 900	48 12 4	4,00 · 4,00	18,25	1906/07	A.-G. f. Hoch- u. Tiefbauten, Frankfurt a. M.	
4,00 · 2,00								
2,00 · 2,50								
Getreidesilo für die erste Ofenpaster Dampfmühlen A.-G., Galatz	18 000	14 400	65	3,50 · 3,50	22,00	1910/11	Carl Brandt, Düsseldorf	

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ²	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Getreidesilo für die Soc. An. de Molinos harineros y elevadores de granos in Buenos-Aires	21 230	17 000	32	4,90 · 5,00	17,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	B. u. E. 1910, S. 76 u. f.
Getreidesilo für die Società Anonima dei Silos di Genova in Genua	22 700	22 400	{ 63 63	{ 5,00 · 3,00 3,00 · 3,00	{ 15,20	1907		Hdb. 2. Aufl., Bd. XII, S. 119.
Getreidesilo für die Russische Reichsbank, St. Petersburg in Grjasi	36 000	24 600	204	{ 30,00 · 18,72 6,48 · 18,72	{ 15,00 42,00	1912	A.-G. f. Hoch- u. Tiefbauten, Frankfurt a. M.	Hdb. 2. Aufl., Bd. XII.
Getreidesilo in Genua	42 400	34 000		4,00 · 3,00	17,30			
Getreidesilo I, Erweiterung im Hafen von Montreal (Kanada)	50 000					1913	John S. Metcalf Co., Montreal	B. u. E. 1913.
Getreidesilo III im Hafen von Montreal (Kanada)	91 500		25	3,75 · 3,75	26,20	1912		
Getreidesilo für die Firma Herm. Schulze u. Co. in Magdeburg		5 000					Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Getreidesilo für Ernst Malzfeldt Söhne in Calenberg		2 400	11	4,90 · 3,75	18,50	1910	Drenckhahn u. Sudhop, Braunschweig	
Getreidesilo für Herrn Ernst Malzfeldt in Sarstedt		6 000	28	4,95 · 4,45	19,10	1912/13		
Getreidesilounterbau für die Ratsmühle in Celle		1 500	18	3,40 · 3,40	14,90	1910	Drenckhahn u. Sudhop, Braunschweig	
Getreidesilounterbau für die Fährmühle in Hedwigsburg		1 500	8	4,25 · 4,25	16,00	1912		
Getreidesilounterbau für Herrn Mühlenbesitzer Kellner, Wion-Schwechat		2 000	18	3,30 · 3,30	21,20	1912		
Getreidesilounterbau und Trichter in Eisenbeton für die Bremer Rolandmühle in Bremen		12 000	39	4,95 · 4,95	27,50	1909		B. u. E. 1910, S. 227 u. f.
Getreidespeicher am Osthafen in Berlin		22 200					A.-G. für Beton u. Monierbau, Berlin	B. u. E. 1912, S. 90.

Gipssilo in Egeres, Siebenbürgen	1 200		16	3,30 · 3,30	6,00	1908	Adolf Baron Pittel, Wien	B. u. E. 1908, S. 57 u. Tafel.
Gipssilo für die Firma Euling u. Mack A.-G., Elbrich a. H.	4 310	9 050	9	6,00 · 6,00	13,30	1912	R. Wolle, Leipzig	
Haldensturzabhänge für das Steinkohlenbergwerk „Graf Bismarck“ in Gelsenkirchen	500	770	1	14,50 · 15,80	4,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Hirsensilos für die Dampfhirsennmühle A. Zarywnoff u. Söhne, Orenburg (Rußl.)	1 950	1 700	8	4,60 · 4,50	11,50	1910	H. Eberling & Cie., Moskau	
	1 820	1 600	12	3,60 · 4,00	10,50			
	310	270	7	19,20 · 4,00	4,00			
	72	70	2	5,70 · 3,20	4,00			
	275	240	2	6,40 · 3,70	11,40			
Hirsenspeicher für die Dampfhirsennmühle A. Zarywnoff u. Söhne, Orenburg (Rußl.)	21	20	1	4,60 · 1,80	2,50			
	200	170	1	6,40 · 4,60	6,40			
	84	80	1	7,00 · 6,00	2,00			
Holzschnitzelsilo für die Feldmühle, Papier- und Zellstoffwerke A.-G., Werk Odermünde in Cavelwisch b. Stettin	1 160	1 624	3		9,50	1911/12	Gebr. Huber, Breslau	
Holzschnitzelsilo für die Zellstoff-Fabrik Waldhof-Mannheim	2 400		4	32,50 · 9,40	11,20		Tesseraux u. Stoffels G. m. b. H., Mannheim.	B. u. E. 1909, S. 123 u. Tafeln.
Holzschnitzelsilo für die Zellstoff-Fabrik Waldhof bei Frankfurt	2 600		3	8,00 · 9,40	11,50	1904		B. u. E. 1905, S. 240.
Holzschnitzelsilo für die Zellstoff-Fabrik Waldhof in Waldhof bei Mannheim	5 000	1 750	14	8,00 · 9,40	8,70	1906	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	B. u. E. 1909, Heft V, S. 123 u. Hdb. 1. Aufl., IV, Bd., 2. Teil, S. 50 u. f.
Kakaosilo für die Sarotti-Schokolade- und Kakao-Industrie in Berlin	2 300	1 150				1911		
Kalksilo für die Dornburg-Stendnitzer Portlandzement- und Kalkwerke, Stendnitz	180	150	2	4,00 · 4,50	7,00	1911	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	
Kalksilo für den Eisenhütten-Aktienverein in Düdelingen	450	700	9	3,50 · 8,20	3,80	1907		Hdb. 2. Aufl., Bd. XII, S. 78.
Kalksilo für die Vereinigten Hüttenwerke Burbach-Eich-Düdelingen in Esch	680	1 020		17,20 · 13,40	2,90	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kalksilo für den Lothringer Hüttenverein Aumetz-Friede in Kneuttingen	6 500	13 000	{ 5 2	{ 9,00 · 5,30 9,00 · 2,55	{ 5,00	1912		
Kalk- und Erzsilos für die Rombacher Hüttenwerke, Rombach in Roßlingen	200		4	20,76 · 4,30	9,50	1913		

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Kalksteinsilo für die Rüdersdorfer Portland-Cementwerke C. O. Wegener, Kalkberge b. Berlin	150	210	1	6,00 · 6,20	7,30	1912	Gebr. Huber, Breslau	Hdb. 2. Aufl., Bd. XII, S. 117.
Kalksteinsilo für die Oberschlesische Portland-Cement-Fabrik in Oppeln i. O.-S.	246	344	3	6,30 · 4,25	5,45	1912		
Kalkstickstoffsilo für das Brandenburgische Karbidwerk Mühlthal b. Bromberg	600	700	8	3,90 · 1,85	12,75	1907	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kastensilo für die Ennigerloher Portlandzement- und Kalkwerke, Ennigerloh	6 000	8 400	4	18,50 · 4,60	17,00	1907	Carl Brandt, Düsseldorf	
Kies- und Sandsilo Slangerup Jerbane, Kopenhagen	3 000	4 500	1	20,00 · 6,50	25,00	1911	Christiani & Nielsen, Kopenhagen	
Kleinsilos für die Gesellschaft der Dampfmühle Nekljutin in Samara	290	210	2	5,00 · 3,45	11,10	1910	H. Eberling & Cie., Moskau	
Klinkersilo für die Zementfabrik, Ponte Chiasso	50	75	1	5,00 · 2,50	5,00	1906	de Vallière et Simon, Ingenieure, Lausanne	
Klinkersilo auf der Zementfabrik Zep in Noworossiisk (Kaukasus)	54	162	2	3,00 · 3,00	3,00	1912	B. Egestorff & Cie., St. Petersburg	
Klinkersilo Zementfabrik Beton in Tonnelnaja (Kaukasus)	233	288	1	6,00 · 7,00	5,50	1912		
Klinkersilo für das Zementwerk „Germania“, Ennigerloh	400	750	2	6,50 · 3,80	8,00	1911	Franz Schlüter, Dortmund	
Klinkersilo für die Oberschlesische Portland-Cement-Fabrik in Oppeln i. O.-S.	800	1 120	3	6,00 · 6,50	9,00	1912	Gebr. Huber, Breslau	
Klinkersilo für die Sächs.-Böhm. Portland-Zementfabrik A.-G., Tschischkowitz	1 000	1 800	3	6,00 · 5,20	10,00	1908/09	N. Rella u. Neffe, Wien	
Klinkersilo für die Lothringer Portlandzement-Werke in Heining	3 500	4 400	24	5,00 · 6,00	9,00	1903/04	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Klinkersilo für das Lothringer Portlandzementwerk in Diesdorf	3 600	6 200	12	5,20 · 6,50	8,50	1905		

Klinkersilo für die Società Industria Cementi in Borgotaro	4 000	6 400	8	6,50 · 6,50	12,00	1907	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Mörsch, E., 4. Aufl.	
Kohlenbunker für die Aktienbrauerei Wulle in Stuttgart	50	40				1912			
Kohlenbunker f. d. Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesche's Erben in Kattowitz am Kesselhaus der Saegerhütte in Schoppnitz	80	72	4	3,00 · 3,20	3,50	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau		
Kohlenbunker f. d. Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesche's Erben in Kattowitz am Kronprinzenschacht in Rosdzin	100	85	2	4,00 · 4,00	3,50	1911			
Kohlenbunker f. d. Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesche's Erben in Kattowitz an der Zinkhalle II der Uthemannhütte in Schoppnitz	100	90	4	4,00 · 5,50	3,50	1911			
Kohlenbunker für die Firma E. Holtzmann u. Co., Weisenbachfabrik in Breitwies	100	90				1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.		
Kohlenbunker für die F. C. Bayerleinsche Spinnerei, Bayreuth	120	100	5	3,50 · 3,50	6,30	1906/07	Gebr. Rank, München		Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 89.
Kohlenbunker f. d. Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesche's Erben in Kattowitz auf der Saegerhütte in Schoppnitz	160	144	5	5,50 · 4,00	3,50	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau		
Kohlenbunker für die Firma Ignaz Spiro u. Söhne in Krumau	190	280	4	3,75 · 4,40	5,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.		
Kohlenbunker für die Sarotti A.-G., Berlin	220	190				1912			
Kohlenbunker f. d. Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesche's Erben in Kattowitz an der Zinkhalle I der Uthemannhütte in Schoppnitz	250	200	8	2,50 · 5,50	3,50	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau		
Kohlenbunker für die Firma Duméril, Jaegle u. Cie., Alt-Thann	280			33,90 · 4,00	12,00		Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.		
Kohlenbunker für die Feldmühle, Papier- und Zellstoffwerke A.-G., Cosel-Oderhafen i. O.-S.	290	232	10	37,95 · 2,50	4,30	1908	Gebr. Huber, Breslau		
Kohlenbunker, zwei, für das Krankenhaus Hamburg-Barmbeck	300	240	6	4,90 · 3,80	2,75	1911	Allg. Hochbau-Ges., Düsseldorf		

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Kohlenbunker für die Technische Hochschule in Breslau	300	240	12	3,20 · 3,20	7,50	1910	Carl Brandt, Breslau	
Kohlenbunker der Gewerkschaft Riedel in Hänigsen bei Burgdorf	300		6	4,26 · 4,13	3,00	1909	A.-G. A. Custodis, Regensburg.	B. u. E. 1910, S. 253 u. f.
Kohlenbunker für das kommunale Elektrizitätswerk „Mark“ A.-G., Herdecke	400	320	1	100	4,00	1908	Carl Brandt, Düsseldorf	
Kohlenbunker für die Firma Ulrich Gminder in Reutlingen			2	9,00 · 5,00		1908	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. H.	
Kohlenbunker für das Elektrizitätswerk der Hafenerweiterung in Bremerhaven	400	320	1	100,00	4,00	1912	Carl Brandt, Düsseldorf	
Kohlenbunker Frank Söhne, Neuß	450	350	3	4,60 · 5,00	6,50	1912	Allg. Hochbau-Ges., Düsseldorf	
Kohlenbunker für D. Otto u. Co., Dahlhausen-Ruhr	480	360	1	24,44 · 8,10	5,00	1910		
Kohlenbunker für das Elektrizitätswerk Rauschermühle in Playdt b. Mayen . .	500	450	1	16,60 · 7,45	6,00	1913	Carl Brandt, Düsseldorf	
Kohlenbunker f. d. Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesche's Erben in Kattowitz auf der Recke-Hütte in Rosdzin	530	400	11	3,00 · 3,65	4,50	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlenbunker für die Gasanstalt Kiel-Wik II	540	500	1	8,80 · 9,00	7,50	1912	F. C. Reincke u. Co G. m. b. H., Berlin, Kiel, Stettin	
Kohlenbunker f. d. Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesche's Erben in Kattowitz auf Kolonie Gieschewald	600	540	10	5,00 · 5,00	4,00	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlenbunker für die Steinsalz- und Sodawerke G. m. b. H. in Motwy bei Hohen-salza	600	480	8	4,35 · 4,35	4,00	1910	Carl Brandt, Breslau	
Kohlenbunker der Brauerei Humbser, Fürth i. B.	720	600	2	5,00 · 7,20	8,20	1911	Gebr. Rank, München	
Kohlenbunker f. d. Bergwerksgesellschaft Georg v. Giesche's Erben in Kattowitz an der Wildensteinsegenstraße, Rosdzin	720	635	12	5,00 · 5,00	4,00	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau	

Kohlenbunker auf dem Hauptbahnhof Leipzig für die Königl. Sachs. Staats-Eisenbahnen	800	700	6	29,50 · 4,90	5,90	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau	B. u. E. 1912, S. 145 u. f.
Kohlenbunker der Papierfabrik Hermes u. Co., Düsseldorf	900	720	6	3,50 · 6,50	6,50	1911	Allg. Hochbau-Ges., Düsseldorf	
Kohlenbunker II für die Bremen-Besigheimer Oelfabriken in Bremen	900	720	1	120,00	7,50	1911	Carl Brandt, Düsseldorf	
Kohlenbunker für die Firma J. F. Schüle in Plüdershausen	970	770				1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlenbunker für das Elektrizitätswerk Neukölln	1200	960	3	5,00 · 5,00	5,50	1910	Carl Brandt, Berlin	
Kohlenbunker für die Papierfabrik Sebnitz A. G. in Sebnitz	1320					1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlenbunker f. d. Gewerkschaft Rastenberg, Kaliwerk Rastenberg i. Thür. . . .	1800	1500	2	42,50 · 7,00	6,00	1910	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlenbunker für das Kraftwerk Flensburg	1800	1630				1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlenbunkeranlage für das Städt. Tiefbauamt Stuttgart in Münster	2800	2400						
Kohlenbunker für das Städtische Krankenhaus, Rat der Stadt Leipzig	3000	2500	2	39,00 · 5,90	6,50	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlenbunker für das Kraftwerk Muldenstein der Königl. Eisenbahndirektion Halle (Saale)	3000	2700	2	85,00 · 5,26	6,00	1913		
Kohlenbunker für das Städtische Elektrizitätswerk, Rat der Stadt Leipzig . .	3200	2800	1	114,00 · 7,00	4,00	1909	Carl Brandt, Düsseldorf	
Kohlenbunker für die Bremen-Besigheimer Oelfabriken	3800	3000	16	3,65 · 3,65	18,00	1912		
Kohlenbunker für die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke in Völklingen	6700			5,00 · 5,00	8,40	1913	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. H.	
Kohlenmisch- und Brechanlage für Les Petits fils de Wendel & Co. in Groß-Moyeuvre i. Lothr.							Gebr. Rank, München	
a) Mischtürme	1820	1520	6	3,50 · 12,50	7,10	1911/12		
b) Vorratturm	860	730	1	12,50 · 9,30	7,40			

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Kohlensilo, zwei, der dänischen Zuckerfabrik, Kopenhagen	50	45	1	3,50 · 3,50	4,75	1913	Christiani & Nielsen, Kopenhagen	
	175	150	7	4,10 · 4,10	2,90			
Kohlensilo für Gebr. Tritschke, Brauerei, Erfurt	75	65	2	1,90 · 1,90	10,50	1906	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo Cäsargrube	98	78	3	4,70 · 2,56	2,70	1905	Gebr. Huber, Breslau	
Kohlensilo für die Niederrheinische Papier- und Pappenfabrik Neuß	120	100	4	2,50 · 3,00	4,00	1910	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlensilo für die Papierfabrik Sacrau G. m. b. H. in Sacrau	130	104	3	4,80 · 6,20	4,00	1912	Gebr. Huber, Breslau	
Kohlensilo für die Kgl. bayer. Bergwerksdirektion St. Ingbert (Rheinpfalz)		120		15,00 · 5,00			Gebr. Rank, München	
Kohlensilo für das Elektrizitätswerk München		150				1909		
Kohlensilo für die Färberei und Appreturgesellschaft vorm. Clavel u. Lindenmayer in Basel	150	200	8	3,25 · 4,20	4,90	1910	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Kohlensilo für die Fabrik V der Schles. A.-G. für Portland-Cementfabrikation in Groschowitz	177	142	1	6,10 · 7,00	8,00	1907	Gebr. Huber, Breslau	
Kohlensilo für Warenhaus A. Wertheim, Berlin, Alexanderplatz	180	145	3	3,50 · 4,25	4,50	1910	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für die Papierfabrik Düsseldorf-Reisholz	200	170	2	4,10 · 4,40	5,50	1913	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlensilo für die Hansa-Brauerei, Dortmund	230	200	3	3,00 · 3,60	7,00	1912		
Kohlensilo für die Fabrik IV der Schles. A.-G. für Portland-Cementfabrikation in Groschowitz	240	192	2	4,30 · 5,00	7,66	1907	Gebr. Huber, Breslau	
Kohlensilo für die Rüdgersdorfer Portland-Cementwerke C. O. Wegener, Kalkberge b. Berlin	295	236	1	6,00 · 8,00	10,45	1912		

Kohlensilo für die Brauerei Thier u. Co., Dortmund	300	250	2	4,50 · 6,50	5,00	1909	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlensilo für die Prager Eisenindustrie-A.-G. in Königshof	320	288	1	17,60 · 12,50	4,25	1913	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 59.
Kohlensilo für die Firma C. Andres in Kirn a. d. N.	350	500	1	2,90 · 15,40	7,10	1906		
Kohlensilo für die Imperial Continental-Gas-Association, Gaswerk Mariendorf b. Berlin	350	300	6	3,25 · 4,00	5,00	1908	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für J. E. Reinecker, Werkzeugmaschinenfabrik, Chemnitz	360	300	2	5,20 · 5,50	6,50	1909		
Kohlensilo der Papierfabrik Floßmühle im Flöhatal	400		1	26,60 · 2,90	7,00	1912	C. Brömme, Leipzig-Lindenau	B. u. E. 1913, S. 131.
Kohlensilo für den Städtischen Schlachthof, Magistrat der Stadt Königsberg (Preußen)	450	360	4	3,85 · 3,85	8,00	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für die Firma Gebr. Adt A.-G. in Forbach	500	400		10,00 · 6,00	8—16,75	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlensilo für C. Wolfrum in Aussig	500	400	1	6,30 · 10,00	8,00	1911	N. Rella u. Neffe, Wien	
Kohlensilo für die Baumwollspinnerei in Mittweida	500	700	8	3,35 · 4,50	6,80	1905	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Dtsche. Bztg. 1905, Nr. 22 bis 24.
Kohlensilo für die Papierfabrik Kabel	540	450	6	4,00 · 4,80	4,50	1912	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlensilo für die Zeche Friedrich Heinrich in Lintfort	600	500	1	7,00 · 7,80	11,00	1912		
Kohlensilo für die Firma Friedr. Krupp A.-G., Grusonwerk Magdeburg-Buckau	600	600	1	42,00 · 24,50	22,00	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlensilo für die Ueberlandzentrale Derenburg a. Harz	600	500	2	20,00 · 5,00	6,00	1907	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für die Kaliwerke Ummendorf-Eilsleben in Wefensleben		700	12	5,00 · 6,00	5,40	1912/13	Drenckhahn u. Sudhop, Braunschweig	
* Kohlensilo für das städt. Gaswerk in Reutlingen	600	900	6	13,50 · 10,40	10,00	1909	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Mörsch, E., 4. Aufl.
Kohlensilo für die Kgl. bayer. Bergdirektion in Peißenberg (Schrägtschensilo)	620	500	2	12,00 · 7,00	3,60	1908	Gebr. Rank, München	

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Kohlensilo für die Walzmühle Ludwigs- hafen				3,50 · 3,50	17,50	1906	Mees u. Nees, Karlsruhe	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 149.
Kohlensilo für die Oelwerke Teutonia, Harburg	640	600	1	8,00 · 4,00	20,00	1909	Christiani u. Nielsen, Hamburg	
Kohlensilo f. d. k. k. priv. Dampfschiffahrt- Gesellsch. in der elektrischen Zentrale, Uessög, Südungarn	650	415	12	3,40 · 4,20	5,20	1913	N. Rella u. Neffe, Wien	
Kohlensilo für die Aktien-Brauerei-Ge- sellschaft Friedrichshöhe vorm. Patzen- hofer, Berlin	650	600	2	13,20 · 4,50	5,80	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für die Singer Manufacturing Co. in Wittenberge	650	1000	1	30,00 · 6,00	4,40	1907	Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. d. H.	
Kohlensilo für die Gewerkschaft „Jacobus“ in Hagendingen	675	1000	3	4,60 · 4,70	12,50	1909		
Kohlensilo für die Firma Reichelt, Metall- schrauben A.-G., Finsterwalde N.-L.	700	500	1	5,50 · 12,50	10,50	1911	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	
Kohlensilo für die Firma Kütbler u. Niet- hammer in Kriebstein	750	600	6	4,50 · 4,50	6,20	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. d. H.	
Kohlensilo für die Kruppsche Verwaltung der Zechen Hannover und Hannibal auf Zeche Hannibal	750	650	6	5,00 · 5,00	5,00	1912	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlensilo für die Firma Ed. Keffel in Tannenbergsthal	800	640	1	10,00 · 8,00	10,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. d. H.	
Kohlensilo für das Kraftwerk Wyhlen in Wyhlen	800	1320	4	6,80 · 6,90	7,00	1908/09	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 95.
Kohlensilo für die Chemische Fabrik Zschimmer u. Schwarz, Dörlau	800	700	2	11,30 · 4,25	9,00	1909	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für die Gewerkschaft Deutscher Kaiser, Bruckhausen	810	810	18	3,75 · 4,50	3,50	1913		
Kohlensilo f. d. Kakaofabrik F. A. Oehler, Zeitz	830	700	2	23,00 · 4,50	8,00	1910		

Kohlensilo für die Kinderwagenfabrik E. A. Naether, Zeitz	830	800	4	30,00 · 4,60	6,00	1910	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für die Wanderer-Werke vorm. Winkelhofer u. Jaenicke A.-G., Schönau b. Chemnitz	840	720	4	5,00 · 6,00	7,00	1912		
Kohlensilo für die Oberschlesische Port- land-Cement-Fabrik, Oppeln	848	673	2	6,25 · 6,35	13,60	1912/13	Gebr. Huber, Breslau	
Kohlensilo für die Deutschen Solvay- Werke in Wyhlen	900	810	3	6,90 · 8,40	8,20	1909	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 95.
Kohlensilo für den Eschweiler Bergwerks- Verein Kohlscheid auf Grube Anna I	950	800	7	5,80 · 8,00	5,60	1912	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlensilo für die Firma Ed. Keffel in Tannenbergsthal	1040	800	1	13,00 · 8,00	10,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. d. H.	
Kohlensilo für die Brauerei Bilger Söhne, Gottmadingen	1060	900	4	4,70 · 4,50	12,50	1913	Gebr. Rank, München	
Kohlensilo für G. Schicht A.-G., Aussig	1100	900	6	37	max 6,00	1912	N. Rella u. Neffe, Wien	
Kohlensilo Aarhus, Oliefabrik, Aarhus	1120	1000	2	5,00 · 8,00	16,00	1912	Christiani u. Nielsen, Aarhus	
Kohlensilos, Zwei, für die Gustavgrube bei Rothenbach in Schlesien	{ 1197 1780	{ 958 1424	{ 9 45	{ 3,50 · 3,50 3,80 · 4,50	{ 6,40 13,60	{ 1905/07 1905	Gebr. Huber, Breslau	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 85.
Kohlensilo für Siemens u. Halske A.-G., Nonnendamm b. Berlin	1200	1000	12	4,40 · 5,75	4,20	1906		
Kohlensilo für die Kaliwerke Grethem- Büchten, G. m. b. H., Grethem	1200	1000	5	6,85 · 5,00	9,50	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für die Papierfabrik Uetersen	1250	1100	5	6,60 · 6,30	6,00	1911	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlensilo Hedwigswunschgrube in Bor- sigwerk i. O.-S.	1280	1024	8	5,82 · 5,82	5,83	1905	Gebr. Huber, Breslau	
Kohlensilo Hubertushütte	1390	1112	12	3,30 · 5,00	8,00	1905		
Kohlensilo für die Gewerkschaft Lohberg in Dinslaken	1360	1100	9	4,25 · 4,75	7,50	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo Hochofenwerk Lübeck	1390	1112	15	3,30 · 5,00	8,00	1906	Gebr. Huber, Breslau	
Kohlensilo für die Oberschlesische Port- land-Cement-Fabrik Oppeln	1425	1140	3	6,80 · 6,85	12,45	1912		

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Kohlensilo für das städt. Elektrizitätswerk, Reichenbach i. V.	1450	940	{ 2 2	7,10 · 7,40 5,95 · 7,40	7,50	1910	R. Wolle, Leipzig	
Kohlensilo für die Soc. de constructions et de location d'appareils de Levage, Paris in Rom	1560					1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlensilo f. d. Leipziger Wollkammerlei, Leipzig	1600	1045	{ 2 4 2 2	5,76 · 3,33 5,76 · 3,05 5,76 · 3,45 5,76 · 3,75	8,40	1909	R. Wolle, Leipzig	
Kohlensilo für den Österr. Verein für chem.-met. Produktion in Aussig zur Generatorenbeschickung	1700	1350	10	4,00 · 5,00	10,00	1912	N. Rella u. Nefte, Wien	
Kohlensilo für die Zellstoff-Fabrik Waldhof-Pernau	1700	2400	1	10,00 · 35,00		1908	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlensilo für die Zuckerfabrik Frankenthal	2100	1270	27	4,00 · 4,80	5,60	1907	Ed.Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Kohlensilo für die Elektrische Zentrale der Königl. Artilleriewerkstatt, Dresden-A.	2240	1450	{ 1 1 1 1	6,20 · 4,72 6,51 · 4,72 6,51 · 4,72 6,76 · 4,72	18,25	1908	R. Wolle, Leipzig	Arm. B. 1910, S. 73.
Kohlensilo für die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke in Völklingen	2640	4000	3	6,67 · 8,50	15,50	1907	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	{ Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 59 Mörsch, E., 4. Aufl.
Kohlensilo für das Fernheizwerk der Kgl. Eisenbahndirektion München (Schrägtaschensilo, D. R.-P. 209 984, Gebr. Rank, München)	2700	2200	3	22,00 · 10,80	11,60	1909	Gebr. Rank, München	{ Dingl. Pol. Journ. 1910, H. 45 u. 47. Städt. Bztg. 1911, Nr. 12.
Kohlensilo für den Österr. Verein für chem.-met. Produktion in Aussig	3250	2600	5	10,00 · 6,50	11,00	1908	N. Rella u. Nefte, Wien	
Kohlensilo für die Gewerkschaft Rhein in Hamborn	3300	2700	18	5,85 · 5,65	6,00	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Kohlensilo für die Società Anonima „Ilva“ in Bagnoli	4100	6200	18	5,00 · 5,00	9,00		Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlensilo für die Soc. An. „Les Transports de Savone“ in St. Giuseppe	5500	4500	48	5,00 · 5,00	5,00	1911		

Kohlensilo mit Ofenhaus für das Gaswerk der Stadt Hanau (Schrägtaschensilo, D. R.-P. 204 984, Gebr. Rank, München)	7000	6000	8	34,50 · 12,50	16,00	1909	Gebr. Rank, München	Dingl. Pol. Journ. 1910, H. 45, 47.
Kohlensilo für die Südharzer Kaliwerke			7	5,50 · 3,70	6,00		Drenckhahn u. Sudhop, Braunschweig	
Kohlensilo für Plauen i. Vogtland			2	12,00 · 5,00	11,20			
Kohlensilo für die Gesellsch. für elektr. Unternehmungen, Berlin, an dem Kraftwerk in Wilmersdorf	7400	6660	4	11,00 · 24,00	7,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	B. u. E. 1911, S. 412.
Kohlensilo mit Ofenhaus für das Gaswerk Hagen i. Westf. (Schrägtaschensilo, D. R.-P. 204 984)	9500	8000	6	6,00 · 12,00	21,00		1913	
Kohlensilo mit Ofenhaus für Gaswerk Plauen i. V. (Schrägtaschensilo D. R.-P. 204 984)	9700	7800	6	12,50 · 5,50	24,00			
Kohlensilo für die Soc. An. „Les Transports de Savone“ in Savona	10 100	8300	18	8,00 · 7,00	10,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kohlensilo für die Salangens Bergwerksaktieselskab, Salangverket (Norwegen)	10 830	8664		20,50 · 60,00	12,00	1911	Gebr. Huber, Breslau	
Kohlensilo mit Ofenhaus für die Sociedad catalana para el alumbrado por gas, Sevilla (Schrägtaschensilo, spanisches Patent 51 076, Rank Hermanos)	11 500	10 000	8	70,40 · 9,60	17,00	1912/13		
Kohlensilo für das Gaswerk Fürth i. Bayern	12 500	10 000	6	33,50 · 9,50	6,60	1907	Gebr. Rank, München	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 87.
Kohlensilo für das Gaswerk Zürich-Schlieren	17 500	14 000	8	11,00 · 27,00	8,70	1907		{ Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 87. Electr. Kraftbtr. u. Bahn. 07, H. 31, 32.
Kohlensilo für das Gaswerk, Bremen	23 000	20 000	{ 2 7	100,00 · 3,00 100,00 · 5,00	6,00	1909	Christiani u. Nielsen, Hamburg	
Kohlensilo für das Gaswerk Grasbrook, Hamburg	100 000					1911	Wehrich u. Reinken, Kiel	B. u. E. 1912, S. 321 u. f.
Kohlenstaubsilo auf der Zementfabrik Zep in Noworossiisk (Kaukasus)	181	217	1	5,50 · 5,50	6,00	1912	B. Egestorff u. Co., Petersburg	
Kohlensumpfe für die Zeche Friedrich Heinrich in Lintfort	4000	3500	20	6,00 · 6,00	6,60	1912	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlenturm für den Franzschacht der K. K. Ferdinand-Nordbahn in Mährisch-Ostrau	2807	2246	18	3,80 · 3,80	12,00	1908	Gebr. Huber, Breslau	

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Kohlenturm für die Zeche Bonifazius des Gelsenkirchener Bergwerk-Vereins . . .	3000	2500	{ 16 9	4,30 · 4,90 4,30 · 4,00	2,00	1913	Franz Schlüter, Dortmund	
Kohlenvorratsturm für die Bergbau-Eisenhütten-Gewerkschaft Witkowitz . . .	2000	1500	8	12,50	20,00	1911	N. Rella u. Neffe, Wien	
Kohlenwäsche mit Separation für die Kgl. bayer. Grubendirektion in Mittelbexbach (Rheinpfalz)								
a) Rohkohlenfüllrumpf	320	290	1	8,00 · 8,00	5,00	1912	Gebr. Rank, München	
b) Nußtaschen	170	145	3	3,60 · 4,60	3,50			
c) Klärstümpfe	480	580	1	22,00 · 11,00	2,00			
d) Becherwerkstümpfe	360	430	3	6,00 · 4,00	5,00			
Kohlenwäsche für die Kgl. bayer. Steinkohlenbergwerke in Stockheim i. Oberfr.								
a) Kohlenbunker	365	310		8,30 · 8,00	5,50	1908	Gebr. Rank, München	{ Glückauf 1911, H. 1. Dingl. Pol. Journ. 1910, H. 45 u. 47.
b) Rohkohlenturm	660	560	6	5,40 · 3,70	5,50			
c) Nußtasche	190	160	3	3,50 · 4,50	4,00			
d) Klärstümpfe	800	950	1	28,00 · 10,50	2,75			
e) Becherwerkstümpfe	400	480	4	4,00 · 5,00	5,00			
Kohlenwäsche a. Zeche Shamrock IX, Herne								
Feinkohlenturm	400	400	2	4,50 · 7,50	9,00	1913	Carl Brandt, Düsseldorf	
Schwemmsümpfe	3500	3500	16	6,00 · 6,00	9,00			
Nußkohlenbehälter	1150	1150	10	3,50 · 6,00	8,00			
Feinkohlensumpf	450	450	2	7,00 · 6,00	7,50			
Klärbehälter	1650	1650	2	25,00 · 6,00	8,00			
Bergesumpf	400	400	2	6,00 · 6,00	8,00			
Rohkohlenbehälter	1200	1200	1	5,50 · 18,00	17,50			
Bergebehälter	380	380	4	3,50 · 3,00	13,00			
Staubkammer	140	140	1	3,50 · 5,00	8,00			
	450	360	1	10,00 · 6,00	8,00			
Kohlenwäsche für die Stettiner Anthracit- u. Kohlenwerke G. m. b. H., Stettin . . .	1200	960	8	6,00 · 5,00	4,50	1912	F. C. Reincke u. Co. G. m. b. H., Berlin, Kiel, Stettin	
	500	400	4	5,00 · 4,00	8,50			
	250	200	1	6,00 · 5,40	11,00			
	60	48	2	2,30 · 2,00	8,50			
Kohlenwäsche für die Kgl. bayer. Grube in Peißenberg								
a) Nußtaschen	500	420	7	3,60 · 5,00	4,00	1906/07	Gebr. Rank, München	{ Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 89 u. B. u. E. 1911, S. 183.
b) Kohlentaschen	350	260	6	3,70 · 3,50	4,50			
c) Schlammwassersümpfe	640	700	1	11,00 · 14,50	4,00			
d) Füllrumpf	590	500	1	11,00 · 6,70	8,00			

Kohlenwäsche für Grob- und Feinkohle mit Separation und Lesehalle für Les Petits fils de F. de Wendel in Kleinrosseln i. Lothr.								
a) Rohkohlenfüllrumpf	1170	1050	1	18,50 · 7,00	9,00	1911		
b) Nußtaschen	430	500	6	5,10 · 3,60	4,50			
c) Kohlentrockentürme	1430	1720	10	5,00 · 5,20	5,50			
d) Feinkohlentürme	590	710	6	3,60 · 5,50	5,00			
Feinkohlentürme	910	1090	5	5,00 · 5,20	7,00			
e) Klärstümpfe	520	620	1	5,00 · 26,00	4,00			
f) Becherwerkstümpfe	{ 500 320	{ 600 380	{ 1 4	{ 12,50 · 5,00 4,00 · 5,00	{ 8,00 4,00			
Kohlenwäsche für die Kgl. preussische Berginspektion II in Gladbeck i. Westf.								
a) Rohkohlenturm	1430	1280	1	12,50 · 12,00	9,50	1912/13	Gebr. Rank, München	
b) Feinkohlentürme	1980	1680	6	5,00 · 6,00	10,00			
c) Nußtaschen	730	630	5	21,00 · 5,00	7,00			
d) Schiefertaschen	400	560	4	3,20 · 4,00	8,00			
e) Klärstümpfe	{ 990 605	{ 1500 900	{ 1 3	{ 18,00 · 11,00 10,00 · 11,00	{ 5,00 5,50			
f) Becherwerkstümpfe	600	900	3	3,60 · 7,00	8,00			
Kohlenwäsche für die Gewerkschaft „Westfalen“ in Ahlen i. Westf.								
a) Feinkohlenturm	4150	3500	1	20,40 · 18,50	11,00	1912/13		
b) Trockentürme	3250	3900	16	5,20 · 6,00	6,50			
c) Ausschlagbehälter	950	1140	2	5,30 · 20,00	4,50			
d) Nußtaschen	930	790	8	28,00 · 6,00	5,50			
e) Schiefer- und Bergetaschen	990	1480	3	6,00 · 5,00	11,00			
f) Becherwerkstümpfe	250	300	2	6,00 · 5,20	4,00			
g) Obere Klärstümpfe	1000	1100	1	16,00 · 18,00	3,50			
Koksaufbereitung für die Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerke, Hagen i. W.	438	260	{ 2 2	{ 2,45 · 6,00 4,85 · 6,00	5,00	1913	A.-G. f. Hoch- u. Tiefbauten, Frankfurt a. M.	
Koksaufbereitung für Les Petits fils de Wendel & Co. in Groß-Moyeuivre i. Lothr.	450	330	4,5	3,10 · 4,50	8,00	1911/12	Gebr. Rank, München	
Koksbunker für den Retortenbau der städt. Gasanstalt in Tegel	650	350	17	3,90 · 7,70	2,00	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	{ Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 93 und B. u. E. 1911, S. 409.
Kokskohlensilo auf Abendröthegrube der Fürstl. Pleßschen Bergwerksdirektion Schloß Waldenburg in Schlesien	1000	800	12	3,00 · 3,30	9,00	1904/05	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	Hdb., 1. Aufl., Bd. IV, 2. Teil, S. 80.
Kokskohlentürme auf Zeche de Wendel			16	{ 5,50 · 5,83 5,50 · 6,20		1911	Wiemer u. Trachte, Dortmund	B. u. E. 1912, S. 421.
Kokskohlenturm für die Rheinischen Stahlwerke Zeche Centrum Wattenscheid	800	700	1	10,00 · 8,00	10,00	1912	Franz Schlüter, Dortmund	

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Kokskohlenturm auf Zeche Carolinenglück, Bochum i. W.	2200	1760	2	10,60 · 9,00	11,50	1912/13	Carl Brandt, Düsseldorf	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 98.
Kokssilo für die Firma Reichelt, Metallschrauben A.-G., Finsterwalde N.-L. . . .	500	375	1	5,00 · 9,50	10,50	1911	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	
Kokssilo auf dem Gaswerk Billwärder-Ausschlag in Hamburg	750	400	3	16,00 · 9,00	7,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kokssilo für das städt. Gas-, Wasser- und Elektrizitätswerk, Düsseldorf	1050	850	5	6,50 · 6,50	5,00	1913	Carl Brandt, Düsseldorf	
Kokssilo für die Gasanstalt Kiel-Wik I	1070	700	5	7,70 · 4,40	6,30	1912	F. C. Reincke u. Co. G. m. b. H., Berlin, Kiel, Stettin	
Kokssilo für das Gaswerk Grasbrook in Hamburg	2200	1200	10	30,00 · 10,00	8,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Kokssilo für die Continental Caoutchouc & Guttapercha Cie. in Hannover	2600	2200	1	43,50 · 8,30	8,00			
Kokstaschen für Math. Stinnes in Frankfurt a. M.	4200	1890	{ 2 1 2 1	12,00 · 20,00	{ 5,00 5,30	1912/13	A.-G. f. Hoch- u. Tiefbauten, Frankfurt a. M.	
	3180	1412		18,50 · 20,50				
				12,00 · 18,50				
Kornspeicher Mammen & Drescher, Aalborg	2700	2000	10	1,30 · 1,50	15,00	1911	Christiani u. Nielsen, Kopenhagen	
Malzausstoßkasten für die Aktienbrauerei Wulle in Stuttgart	50					1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Malzsilo für die Brauerei Hülsmann in Eickel bei Dortmund	95	170	3	3,50 · 4,00	4,00	1911	Franz Schlüter, Dortmund	
Malzsilo für die Hansa-Brauerei A.-G., Dortmund	280	155	5	2,00 · 4,00	7,00	1912		
Malzsilo für die Brotfabrik Haarmann u. Keiser, Hagen	280	230	{ 2 2	2,15 · 2,40 2,15 · 1,95	12,00	1911/12	Carl Brandt, Düsseldorf	
Malzsilo für die Schlegelbrauerei, Bochum	300	165	4	3,30 · 3,30		7,00	1909	Franz Schlüter, Dortmund
Malzsilo für die Brauerei Ferstl in Erding (Oberb.)	400	220	4	4,00 · 4,00	7,00	1909	Gebr. Rank, München	Schweiz. Bztg. 1912, Nr. 9.

Malzsilo für die Badische Staatsbrauerei in Rothaus für das Großh. Domänenamt in Bonndorf	490	260	7	2,60 · 5,00	7,00	1904/05	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Dtsche. Bztg. 1905, Nr. 22 bis 24.
Malzsilo für das Einsiedler Brauhaus A.-G. in Einsiedel b. Chemnitz	530	280	2	3,50 · 6,60	11,50	1910	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Malzsilo für die Gräfl. v. Moysche Brauerei, Freising	660	350	4	2,70 · 3,60	17,00	1912	Gebr. Rank, München	
Malzsilo für die bayer. Löwenbrauerei Stockbauer, Passau	670	360		5,75 · 5,75	5,00	1906		
Malzsilo für die Brauerei A. Caspary in Trier	750	500	6	3,20 · 4,00	10,00	1909	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Malzsilo für die Chamowniki-Brauerei in Moskau	885	710	8	4,30 · 4,00	5,00	1910	H. Eberling u. Cie., Moskau	
	220	180	4	4,50 · 4,00	3,00			
Malzsilo für das Einsiedler Brauhaus A.-G. in Einsiedel bei Chemnitz	1060	560	3	4,20 · 6,70	12,50	1910	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Malzsilo für die Brauerei Altenburg A.-G. in Altenburg	1080	575	6	3,50 · 5,00	10,50	1912	Gebr. Rank, München	
Malzsilo im Sudhausneubau Humbser, Fürth	1300	700	4	6,30 · 6,30	10,50	1911		
Malzsilo für die Brauerei Bilger Söhne in Gottmadingen	1350	650	11	3,50 · 3,50	10,00	1913		
Malzsilo für die Firma Hart-Ausen-Mühl-eisen in Schiltigheim	2000	1060	8	4,00 · 4,00	15,00	1899	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Dtsche. Bztg. 1905, Nr. 22 bis 24 und Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 144 u. f.
Malzsilo für die Löwenbrauerei in München	4000	2100	18	3,61 · 3,75	16,50	1902		Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 118.
Malzsilo für die Firma J. Eisenberg in Ilversgehofen	5720	3000	{ 16 8	3,80 · 4,00	19,90	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	B. u. E. 1911, S. 411
				3,80 · 2,00				Bd. XII, S. 129.
Malzsilo für die Aktien-Malzfabrik in Cönnern i. S.	6200	3250	27	3,85 · 3,40	18,20	1911		B. u. E. 1911, S. 411 u. Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 129.
Malzspeicher der Shignlibrauerei in Samara (Rußland)	153	125	4	2,80 · 2,10	6,50	1909	H. Eberling u. Cie., Moskau	
Mehlsilo für die Pfälzischen Mühlenwerke, Mannheim	387	194	{ 5 4	1,00 · 3,30	12,00	1911	A.-G. f. Hoch- und Tiefbau, Frankfurt a. M.	
				1,20 · 3,30				
Mehlsilo für Uhlig u. Weiske in Lausigk	430	300				1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Mehlsilo für Uhlig u. Weiske in Lausigk	800	500	16	1,80 · 2,00	14,00	1910	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Mehlsilo für Hübler u. Co. in Riesa . . .	1 460	1 020				1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Mehlsilo für die Illkircher Mühlenwerke in Straßburg	2 600	2 100	{ 6 12	2,70 · 5,00 2,70 · 2,50	} 17,20	1912	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Müllverbrennungsanstalt in Frankfurt a. M.	2 132	1 280	8	5,86 · 6,40		7,14	1908/09	A.-G. f. Hoch- u. Tiefb., Frankfurt
Palmkernsilo für die neue Palmkernölfabrik der Firma Noblée u. Thörl G. m. b. H. in Harburg	240	220	1	30	8,00	1912	Carl Brandt, Düsseldorf	
Rieselspeicher für die Dampfwalzmühle der Brüder Anatra in Odessa (Rußland)	4 000	3 200	4	18,00 · 11,00	23,00	1908	H. Eberling u. Cie., Moskau	
Rohmaterialsilo für die Zementfabrik Thaingen	400	520	2	5,00 · 6,00	10,00	1909	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Hdb. 2. Aufl., Bd. XII, S. 116.
Rohmehlsilo für die Schlesische A.-G. für Portland-Cementfabrikation in Groschowitz b. Oppeln i. O.-S. für die Fabrik IV	123	172	6	3,90 · 4,43	3,30	1906	Gebr. Huber, Breslau	
Rohmehlsilo für d. Zementfabrik Thaingen	200	260	1	5,60 · 6,50	10,00	1909	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	
Rohmehlsilo für die Dornburg-Stendnitzer Portlandzement- und Kalkwerke, Stendnitz b. Dornburg	250	300	3	3,00 · 3,00	13,00	1907	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	
Rohmehlsilo für die Schlesische A.-G. für Portland-Cementfabrikation in Groschowitz b. Oppeln i. O.-S. für die Fabrik II	253	354	11	4,00 · 2,00	5,00	1902	Gebr. Huber, Breslau	
Rohmehlsilo für die Zementfabrik Schimischow	402	563	3	6,80 · 3,15	10,83	1906		
Rohmehlsilo für das Portlandzementwerk „Saxonia“, Glöthe	450	550	4	4,40 · 3,75	7,00	1908	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	
Rohmehlsilo für A.-G. Portlandzementwerk Berka a. Ilm	450	550	4	4,00 · 4,00	7,00	1910		
Rohmehlsilo für die Zementfabrik vorm. F. W. Grundmann in Oppeln	555	777	2	4,95 · 6,05	11,60	1905	Gebr. Huber, Breslau	

Rohmehlsilo für die Zementfabrik Groß-Strehlitz	612	857	4	2,70 · 4,35	14,54	1906/07	Gebr. Huber, Breslau	
Rohmehlsilo für das Württ. Portlandzementwerk in Lauffen	680	800	3	4,60 · 5,50	9,00	1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Rohmehlsilo für das Hochofenwerk Lübeck A.-G. in Herrenwyk	700	1 000				1912		
Rohmehlsilo für die Gewerkschaft „Jacobus“ in Hagendingen	1 360	1 800	8	4,25 · 4,50	11,60	1909	N. Rella u. Nefte, Wien	
Rohmehlsilo für die Sächs.-Böhm. Portland-Zementfabrik A.-G., Tschischkowitz	1 500	1 800	6	6,00 · 5,50	10,00	1908/09		
Rohmehlsilo für die Società Industria Cementi in Borgotaro	2 700	3 500	{ 8 3	6,50 · 5,00 4,30 · 5,00	9,00 8,50	} 1907	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Rohmehlsilo für die Eternit-Werke, Vöcklabruck	4 000	5 600	6	3,50 · 3,80	12,10		1908/09	N. Rella u. Nefte, Wien
Rohschwefelmagazine und Silos für die Raffinerie Internationales de Soufre in Marseille	25 000	12 000				1909	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	Mörsch. E., 4. Aufl.
Rutschen für Kohle (Hochbahnanlage) für die Bergbau-Eisenhütten-Gewerkschaft Witkowitz	6 000	5 000	25	4,50 · 9,10	7,25	1911	N. Rella u. Nefte, Wien	
Salzsilo für den Österr. Verein für chem.-met. Produktion in Aussig	200	220	2	20	6,00	19 11/12		
Salzsilo für die Zementfabrik Spalato Vraynizza, klein	426	600	1	8,50 · 8,35	6,00		Wayss u. Freytag A.-G. u. Meining G. m. b. H., Wien	
Salzsilo für die Zementfabrik Spalato Vraynizza, groß	1 536	2 150	16	4,00 · 4,00	6,00			
Salzsilo für die Società Magazzini Generali in Castellamare	7 800	6 000	6	5,00 · 37,00	7,25	1910	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Salzsilo für die Badische Anilin- und Sodafabrik, Ludwigshafen	50 000	40 000	2	145,00 · 14,50	11,50	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Sand- und Schottersilo für die Schwarzwälder Erzbergwerke in Littenweiler	275	500	7	4,00 · 3,00	4,75	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Sandsilo f. d. Huta Bankowa in Dombrowa	600	900	{ 1 1	27,50 · 5,80 16,00 · 6,80	5,15	1912		
Schamottesilo für das Stellawerk A.-G. in Weidenau	400	730				1912		

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Schlackensandbunker für die Deutsch-Luxemburgische Bergwerks- u. Hütten A.-G., Abtlg. Dortmunder Union . . .	700	550	3	7,10 · 4,30	7,50	1911	Franz Schlüter, Dortmund	
Schlackensilo für die Müllverbrennungsanstalt in Altona	157	130	15	3,00 · 3,00	3,50	1912	Carl Brandt, Düsseldorf	
Schlamm-silo für die Rüttersdorfer Portland-Cementwerke C. O. Wegener in Kalkberge b. Berlin	1000	1400	5	19,20	11,00	1912	Gebr. Huber, Breslau	
Schmirgelsilo für die Firma N. Struck in St. Petersburg	400	1600	zus.	20,00 · 15,00	6,00	1906	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Schwefelbrandsilo für die Chem. Fabrik Griesheim-Elektron in Kippersteg . . .	650	750	3	5,20 · 5,00	8,50	1910		
Schwemmstümpfe und Kohlentürme der Zeche Concordia II/III, Oberhausen . .	1875	2350	15	5,00 · 5,00	5,00	1913	Allg. Hochbau-Ges., Düsseldorf	
	875	825	1	12,50 · 5,00	14,00			
	425	350	4	2,50 · 5,00	8,50			
Schwemmstümpfe der Zeche Ewald, Fortsetzung, in Erkenschwick	180	150	1	4,50 · 4,50	9,00	1911		
	2000	2250	15	5,20 · 5,20	6,00			
Separation und Feinkohlenwäsche auf Zeche Wolfsbank b. Borbeck, Schacht II	1650	1350	6	5,50 · 5,50	9,00	1913	Carl Brandt, Düsseldorf	
Silo für Berge auf der Maxgrube in Michalkowitz für die Hohenlohe-Werke A.-G. in Hohenlohehütte O.-S.	250	430	1	5,00 · 5,00	10,00	1912	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Silo für die Packerei der Zementfabrik Zep in Noworossiisk (Rußland)	726	870	6	4,00 · 5,50	5,50	1912	B. Egestorff & Cie., St. Petersburg	
Silo für Schwefelkiesabbrände für die Chem. Fabrik Griesheim-Elektron in Griesheim		1260				1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	
Silo und Bodenspeicheranlage für die Niederrhein. Dampfschlepp-Schiffahrt-A.-G., Düsseldorf	1250	1000	8	2,50 · 4,00	15,50	1908	Carl Brandt, Düsseldorf	Industrie-Bau 1913, Heft 5.

Silos für Schlackenkleinschlag für die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke, Völklingen	1400	1150	6	6,85 · 6,85	5,00	1912	Carl Brandt, Saarbrücken	
Silo für die Viehkuchenfabrik Bertels & Co., Ouder-Amstel	2200	1540	6	4,57 · 5,34	18,00	1911	Amsterd. Fabriek van Cement Yjzer Werken, Amsterdam	
Silo für Zementklinker für die Gewerkschaft Jacobus in Hagendingen	20000	32000	2	46,30 · 19,10	11,50	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau	B. u. E. 1908, S. 405.
Silo in Rosario	30000		120	4,05 · 4,05	16,50			
Silospeicher für die Silo-Aktiengesellschaft, Düsseldorf			25		17,40		Allgem. Hochbau-Ges. m. b. H., Düsseldorf.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 160.
Speicherbau für Röttger, Hamburg				17,20 · 34,50		1906	A.-G. f. Hoch- u. Tiefbauten, Frankfurt a. M.	
Steinschlagsilo für Dr. Otto u. Co., Bendorf a. Rh.	225	450	1	17,00 · 4,00	3,35	1913	Allg. Hochbau-Ges., Düsseldorf	
Steinsilo, Erweiterung des, für Blank, Krause u. Co. in Ober-Wüstegiersdorf	85	119	1	3,75 · 5,00	6,65	1913	Gebr. Huber, Breslau	
Steinsilo für die Zementfabrik Zep in Noworossiisk (Rußland)	110	275	1	4,40 · 5,00	5,00	1912	B. Egestorff u. Cie., St. Petersburg	
Steinsilo für die Firma Blank, Krause u. Co. in Ober-Wüstegiersdorf	160	224	3	2,50 · 4,00	6,65	1908	Gebr. Huber, Breslau	
Steinsilo für das Schotterwerk Blank u. Krause in Königswalde	365	511	4	5,15 · 2,50	9,25	1911		
Steinsilo für die Steinbruchverwaltung des Kreises Niederbarnim in Trebsen a. d. Mulde	250	450	6	9,00 · 6,00	4,50	1910	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Steinsilo für die Uckermärkischen Steinwerke G. m. b. H. in Fürstenwerder bei Prenzlau	620	800	1	13,40 · 5,25	8,75	1908		
Steinsilo für die Pommerschen Granitwerke in Drawehn (Pommern)	880	1200	3	4,20 · 9,80 1,50 · 9,80 1,50 · 9,80	13,00	1912		
Steinsilo für die Odenwälder Hartsteinindustrie A.-G. in Roßdorf	1120	2900	13	1,50 · 6,00	9,00	1912	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.	B. u. E. 1903, Heft I u. Hdb., 1. Aufl., Bd. IV, 2. Teil S. 53.
Thomasschlackemehlsilo für die Hasper Thomasschlackemühlen m. b. H., Haspe	6300	12000				1912		

Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bezw. Quelle	
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m				
Trockenschnittsilos für Zuckerfabrik Camberg A.-G., Camberg a. S.	800	250		16,00 · 8,00	8,00	1910	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig		
Weizensilo für die Gesellschaft der Dampf- walzmühle Nekljutin in Samara	400 145	320 116	3 4	3,52 · 2,70 1,80 · 1,55	14,00 13,00	1910	H. Eberling u. Cie., Moskau		
Weizensilo für die Dampfwalzenmühle J. Aswaduroff in Ackermann b. Odessa	2 160	1 728	6	4,60 · 4,30	18,00			1912	
Weizensilo für die Reichsbank in Bogatol (Rußland)	6 000	5 000	4	3,00 · 3,00	17,00	1913	B. Egestorff u. Cie., St. Petersburg		
Weizensilo für die Reichsbank in Mille- rowo im Don-Gebiet (Rußland)	12 000	10 000	60	3,40 · 3,40	20,4–21,4				
Weizensilo f. d. Reichsbank in Sorotschensk (Rußland)	14 000	11 666	22	3,20 · 3,20	18,10				
Weizenspeicher für die Dampfwalzmühle Brüder Anatra in Odessa	100 50 35 15	80 40 28 12	3 3 1 1	3,20 · 1,40 3,20 · 0,70 4,20 · 4,30 1,80 · 4,30	22,00 22,00 3,00 2,00	1912	H. Eberling u. Cie., Moskau		
Weizenspeicher für die Dampfwalzmühle Kolokolnikoff in Tschumljak (Sibirien)	210	168	6	2,84 · 1,35	9,90				
Weizenspeicher für die Dampfwalzmühle J. Pereshagin in Sysran (Rußland)	210	168	4	1,33 · 2,70	14,60	1907			
Weizenspeicher für die Dampfwalzmühle J. G. u. J. J. Sokoloff in Samara	600 220	480 176	8 2	1,60 · 2,60 3,50 · 4,50	18,00 7,00	1908			
Weizenspeicher für die Dampfwalzmühle Putaloff in Orenburg (Rußland)	2 800	2 240	4	10,00 · 10,00	7,00			1909	
Zementsilo für die Zementfabrik, Ponte Chiasso	100	150	1	5,50 · 2,70	8,00	1906	de Vallière et Simon, Inge- nieurs, Lausanne		
Zementsilo für die Zementfabrik Zep in Noworossiisk (Rußland)	148	178	1	4,23 · 7,00	5,00	1912	B. Egestorff u. Cie., St. Peters- burg		
Zementsilo für die Zementfabrik Spalato A.-G. in Salona	256	400				1911	Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. d. H.		
Zementsilo für die Lothringer Portland- zementwerke in Heming	510	720	8	4,00 · 4,10	6,50	1903/04	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Dtsch. Bztg. 1905, Nr. 22 bis 24.	

Zementsilo der Zementfabrik Beton in Tonnelnaja (Kaukasus)	272	680	4	4,40 · 5,00	6,50	1912	B. Egestorff u. Cie., St. Peters- burg	
Zementsilo für das Zementwerk „Ger- mania“ in Ennigerloh	630	850	4	4,35 · 4,35	8,25	1911	Franz Schlüter, Dortmund	
Zementsilo für die Fabrik Norden, Aal- borg	800	1 200	6	15,00 · 12,50	9,00	1908	Christiani u. Nielsen, Kopen- hagen	
Zementsilo für das Württ. Portlandzement- werk in Lauffen	850	1 200	3	4,60 · 5,50	11,00	1909	Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. d. H.	Mörsch, E., 4. Aufl.
Zementsilo für die Zementfabrik Germania in Misburg		1 400	4	5,00 · 3,60	11,00	1912	Drenckhahn u. Sudhop, Braunschweig	
Zementsilo für das Hochofenwerk Lübeck A.-G. in Herrenwyk	1 450	2 300						
Zementsilo I für die Dornburg-Stendnitzer Portlandzement- u. Kalkwerke, Stendnitz	1 500	2 100	3	6,00 · 8,00	12,00	1907	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	
Zementsilo für die Concordiahütte, Engers	1 500	2 100	10	4,00 · 4,00	9,50	1908	Allg. Hochbau-Ges., Düssel- dorf	
Zementsilo für die Portlandzementfabrik A. Märker G. m. b. H. in Harburg	1 700	2 300	6	4,20 ∅	17,00	1909	Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. H.	Mörsch, E., 4. Aufl.
Zementsilo für das Portlandzementwerk „Saale“, Granau b. Halle a. S.	2 000	2 800	6 4	4,00 · 4,00 2,00 · 4,00	18,00 14,00	1911	Cementbauges. Alb. Vetterlein u. Co. m. b. H., Leipzig	
Zementsilos, zylinderförmige	2 150	3 000	3	58	12,00			
Zementsilo für die Portlandzementfabrik Prüssing u. Co., Göschwitz	2 200	3 400	9	16,00 · 15,30	9,00	1909	A.-G. für Beton- u. Monierbau	
Zementsilo für die Zementfabrik Laufen in Bellerive bei Delémont (Schweiz)	2 600	3 640	9	5,00 · 5,00	12,00	1910	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 113.
Zementsilo für die Societa Industria Cementi in Borgotaro	2 900	4 000	12 3	5,00 · 5,00 4,00 · 15,00	8,00	1907	Wayss u. Freytag A.-G., Neu- stadt a. d. H.	
Zementsilo II für die Dornburg-Stendnitzer Portlandzement- u. Kalkwerke, Stendnitz	3 000	4 200	12	4,00 · 4,00	13,00 18,00			1911
Zementsilo für das Portlandzementwerk, A.-G., in Thaugen (Schweiz)	3 080	4 300	6	5,00 · 5,00	11,39	1910	Ed. Züblin u. Cie., Straßburg i. E.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 116.
Zementsilo für die Eternit-Werke, Vöckla- bruck	4 000	5 600	10	4,00 · 4,20	13,00	1908/09	N. Rella u. Neffe, Wien	
Zementsilo für die Sächs.-Böhmische Port- landzement-Fabrik, Tschischkowitz	4 480	10 730	48	4,00 · 4,00	6,35	1908	R. Wolle, Leipzig	
Zementsilo für die Gewerkschaft Jacobus in Hagendingen	4 500	6 300	12	4,85 · 4,85	18,60	1911	A.-G. für Beton- u. Monierbau	



Bezeichnung	Inhalt des ganzen Silos		Anzahl der Zellen	Größe der Zellen		Baujahr	Bauausführende Firma	Beschreibung bzw. Quelle
	m ³	t		Grundriß m ²	Höhe m			
Zementsilo für die Schlesische A.-G. für Portland-Cementfabrikation in Groschowitz	5 141	7 197	24	5,00 · 5,00	10,50	1906	Gebr. Huber, Breslau	
Zementsilo für die Gewerkschaft „Jacobus“ in Hagendingen	8 250	11 600	24	3,30 · 4,50	5,50	1909		Mörsch, E., 4. Aufl. u. B.-K. 1914, Teil II, S. 212. B. u. E. 1913, S. 81.
Zementsilo in Golleschau		9 000	6	16,60 · 6,26	12,00	1912	Pittel u. Brausewetter, Wien	
Zementsilo für die Soc. An. del Cemento Portland Spalato in Salona	12 000	19 000	2	17,00 · 48,00	8,00	1908		
Zementsilo für die Alsensche Portlandzementfabrik in Itzehoe	13 000	19 900	44 14	4,00 · 4,00 4,00 · 3,25	14,50 17,00	1904	Wayss u. Freytag A.-G., Neustadt a. H.	Hdb., 2. Aufl., Bd. XII, S. 108.
Zementsilos für die Ges. für Zementfabrikation am Schwarzen Meer in Noworossiisk	Hallensilo 24 650			118,30 · 17,30	16,00			
Zementsilo für die Oberschlesische Portland-Zement-Fabrik in Oppeln i. O.-S.	21 363	29 908	63	4,80 · 4,80	16,00	1912	Gebr. Huber, Breslau	
Zement- und Kohlen-silo für die Portland-Zementfabrik „Union“, Porta Westfalika	1 700	2 400	6	4,00 · 6,00	12,00	1910		
Zement- und Rohmehlsilo für die Portlandzement- und Kalkwerke „Mark“ in Neubeckum	12 000	16 800	30	6,10 · 6,50	10,00	1907/08	Carl Brandt, Düsseldorf	
Zement- und Rohmehlsilos, zwei, für die Portlandzement-Werke Illigens, Ruhr u. Klasberg, Beckum i. W.	2 700	3 800	1	22,90 · 8,50	13,50	1912		
Zinkblendesilo für die Zinkhütte Dortmund	1 800	3 000	14	4,00 · 4,00	8,00	1912	Franz Schlüter, Dortmund	
Zuckerspeicher für die Zuckerfabrik Haynau	5 680	9 150	2	25,05 · 9,50 21,25 · 14,35	11,70	1907	Gebr. Huber, Breslau	

II. Kapitel.

Anwendungen im landwirtschaftlichen Bauwesen.

Bearbeitet von Dr. Ing. L. Hess, k. k. Professor, Brünn.

Bei der großen Verbreitung, die Beton und Eisenbeton in allen Gebieten des Bauwesens gefunden haben, kann es nicht wundernehmen, daß auch das landwirtschaftliche Bauwesen sich dieser Baustoffe mit vielem Nutzen bedient. Insbesondere die hervorstechenden Eigenschaften, wie rasche und wohlfeile Herstellung sowie Feuersicherheit und Wasserundurchlässigkeit, sind es, die dem Eisenbeton im besonderen, wie dem Beton im allgemeinen die Beachtung der beteiligten Kreise in hohem Maße sichern.

Die hauptsächlichste Verwendung finden Beton und Eisenbeton naturgemäß bei der Herstellung von Wänden, Säulen, Decken und Fußböden. Außen- und Zwischenwände werden häufig in gewöhnlichem, massivem Mauerwerk hergestellt, obschon auch hier Eisenbeton mit großem Vorteil benutzt werden könnte. Der bei anderer Bauart notwendige Zementverputz kann hier entfallen, auch begünstigen Betonwände nicht den Aufenthalt von Ungeziefer und ermöglichen einen vollkommen wasserundurchlässigen Abschluß, der auch — was sehr wichtig ist — von den Stalldünsten nicht angegriffen wird. Abteilungswände stellt man zweckmäßig in Monierkonstruktion her. Solche nach System Rabitz bewähren sich in Ställen nicht, weil sie nicht genügend dunstfest sind.

Bei der Konstruktion der Säulen ist bisher fast ausschließlich Holz zur Verwendung gekommen. Es hat dies seinen Grund in der leichten Beschaffung desselben, die auch den Ersatz leicht ermöglichte. Gerade der Umstand, daß aber z. B. in manchen Stallarten so wenig Stützen als möglich angeordnet werden sollen, läßt Eisenbetonstützen als besonders wirtschaftlich erscheinen, da ihnen außerdem alle sonstigen Vorzüge des Eisenbetons zukommen. Auch ist zu bedenken, daß hölzerne Ständer ohnehin auf massive, gut verputzte Sockel gestellt werden müssen, weil sonst das Holz mit dem Dünger in Verbindung käme und faulen würde. Eisenbetonständer empfehlen sich daher namentlich in jenen Ställen, in denen der Dünger liegen bleibt; sie werden von diesem nicht angegriffen und verstellen auch bei Aufnahme großer Lasten nur eine kleine Bodenfläche.

Eine besonders wichtige Rolle spielen die Decken¹⁾ der landwirtschaftlichen Gebäude. Während die Decken für landwirtschaftliche Wohnräume sich von denen anderer Wohnräume nicht zu unterscheiden brauchen, müssen Stalldecken Anforderungen entsprechen, die ganz erheblich sind. Eine gute Stalldecke darf vor allem nicht „schwitzen“, d. h. es darf sich auch bei großen Unterschieden in den Temperaturen der Außen- gegenüber der Stallluft keine Tropfenbildung an der Decke einstellen. Solches Schwitzwasser beunruhigt und schädigt beim Heruntertropfen die Tiere und

¹⁾ Über „Eisenbetondecken“ s. Handbuch für Eisenbetonbau, zweite Aufl., Bd. IX. Berlin 1913. Verlag von Wilhelm Ernst u. Sohn.

greift z. B. eiserne Traversen so stark an, daß sie bald zugrunde gehen. Ein weiterer Übelstand, der vermieden werden muß, ist die Durchlässigkeit der gewöhnlichen Deckenkonstruktionen für die Stalldünste. Da der über dem Stalle befindliche Raum meist für Aufbewahrung von Futter und anderen Vorräten benutzt wird, so würde das Eindringen des Stalldunstes schädlich einwirken. Eine weitere Forderung betrifft die möglichste Feuersicherheit solcher Stalldecken, damit bei Ausbruch eines Feuers in den Bodenräumen das Vieh anstandslos gerettet werden kann. Eine gute Stalldecke soll aber auch bei leichter Konstruktion möglichst tragfähig sein, wenig Unterstützungen verlangen, wohlfeil in der Herstellung und möglichst dauerhaft sein, ohne Reparaturen zu erfordern. Alle diese Eigenschaften besitzt die Eisenbetondecke, die in verschiedenen Arten ausgeführt werden kann. Insbesondere treffen die Vorzüge und damit die besondere Eignung für Stalldecken bei den Hohldecken zu, während es bei den sonst üblichen Plattenbalkendecken nach System Hennebique häufig notwendig erscheint, einen Wärmeschutz durch Auftragen einer 7 bis 10 cm starken Lehmschicht herzustellen, falls nicht das auf der Decke lagernde Material selbst schon eine Isolierung zu bewirken vermag. Auch eine entsprechend starke Schicht (40 cm) von Gerstenspreu oder dergl. hat sich in manchen Fällen bewährt; ebenso bringt eine ziemlich starke Schicht von Heu oder Stroh (beschwert mit Brettern) schon genügende Isolierung hervor, wie auch Schlacken oder andere ähnliche Auffüllungen.

Ergänzend sei hinzugefügt, daß bei gut leitender Decke infolge der Temperaturdifferenz zwischen der feuchtwarmen Luft des Stalles und der kalten des darüber befindlichen Vorratsraumes die schon erwähnten Feuchtigkeiterscheinungen auftreten, welche sowohl den Tieren, wie auch den Vorräten schaden können. Darum sollen eben bei normalen Hennebiquedecken besondere Vorkehrungen zur Verhütung derartiger Übelstände getroffen werden. Insbesondere ist in solchen Fällen auf eine richtige und ausgiebige Entlüftung zu achten. Die Untersicht der Decken soll nicht in Zementmörtel, sondern in hydraulischem Kalkmörtel geputzt werden. Auch empfiehlt es sich, die Unterseite der Deckenbalken mit 5 cm starken Bimsbetonplatten zu verkleiden. Diese besitzen nicht nur die Fähigkeit, etwaige Feuchtigkeit aufzusaugen, sondern auch eine große Isolierfähigkeit und vermögen so den Stall gegen die Einfüsse äußerer Temperaturschwankungen zu schützen.

Von üblichen Deckenarten seien zunächst jene erwähnt, die mit Hilfe von Drahtziegelgewebe oder von Streckmetall hergestellt werden können.¹⁾ Diese Deckenarten bilden den Übergang zu den eigentlichen Hohlkörper-

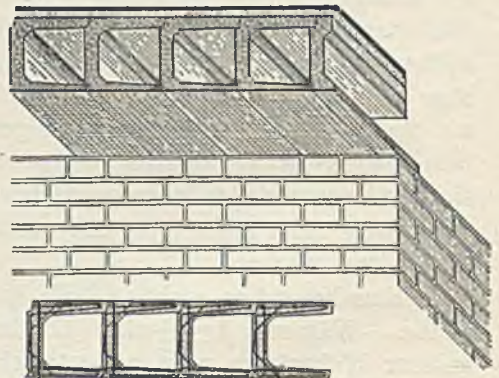


Abb. 2. Decke aus C-Balken.

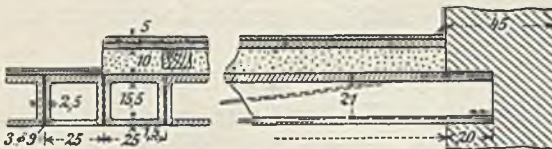
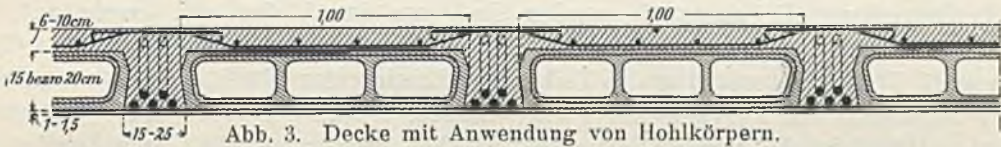


Abb. 1. Decke aus Siegwart-Balken.

decken, und als ein Beispiel ihrer Art sei noch auf die bekannten Koenensche Plandecken verwiesen. Insoweit die eigentlichen Hohldecken nicht weiter unten an besonderen Ausführungsbeispielen besprochen sind, seien hier zur Ergänzung einige

¹⁾ Näheres darüber in der 1. Aufl. dieses Kapitels.

wenige typische Formen herausgegriffen, und im übrigen ist das betreffende Kapitel des Handbuches 2. Aufl. (Bd. IX) zu beachten. Die Siegartdecken bestehen aus fabrikmäßig hergestellten und fertig auf den Bau gebrachten, Mann an Mann verlegten Eisenbetonhohlbalcken (Abb. 1). Eine Decke ähnlicher Form wird gebildet aus C-Balken, die entsprechend bewehrt sind und dieselben Vorzüge aufweisen (Abb. 2). Am häufigsten kommen jedoch solche Hohldecken vor, die mit Hilfe von eingelegten Hohlkörpern erst an der Baustelle erzeugt werden, und zwar insoweit, als es die eigentliche Tragkonstruktion betrifft. Diese Hohlkörper werden aus Schlacken, Bimsbeton oder Ton oder als Rohrzellen erzeugt und haben nicht bloß den Zweck besserer Isolierung, sondern auch der Herstellung einer ebenen Untersicht. Hierher gehören z. B. die Zylinderstegdecke oder die in der Abb. 3 dargestellte Decke, die als Typus für derlei Ausführungen gelten kann, ferner



die Rohrzellendecken, wie sie weiter unten näher beschrieben sind, und schließlich die vielen Arten von Decken mit Anwendung von Ziegelhohlsteinen aus vollem oder porösem Ziegelmaterial, die sich im allgemeinen nur durch die verschiedene Formgebung der Ziegelhohlkörper voneinander unterscheiden, im Wesen aber ziemlich gleichartig sind. Ein solcher Typus ist in Abb. 4 vorgeführt. Als bestes Material für die Füllsteine dürfte wohl Schlacken- oder Bimsbeton in Frage kommen. Die Ziegelhohlsteindecken lassen sich auch zwischen eisernen Traversen ausführen, was aber nicht als die empfehlenswerteste Form angesehen werden kann.¹⁾

Einige andere in Betracht kommende Systeme der Deckenherstellung sind bei Erläuterung einiger ausgeführter Bauten weiter unten beschrieben.

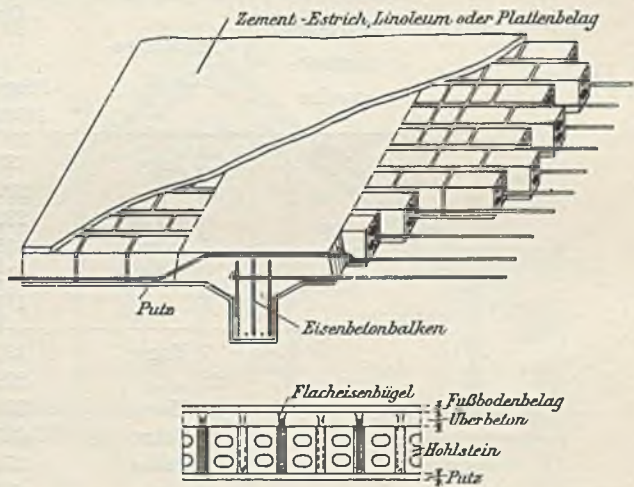


Abb. 4. Decke mit Anwendung von Hohlsteinen.

Häufig bildet die Stalldecke auch das Dach. In diesem Falle ist besonders darauf zu achten, daß die Decke warm und dunstsicher hergestellt wird. Flache Dächer verdienen hier den Vorzug, und die Anwendung von Holzzement wird sich dann empfehlen.

Eine wichtige Rolle spielen bei allen Stallbauten die Fußböden. Sie üben einen großen Einfluß auf die Tiere aus, und ein nach unrichtigen Grundsätzen hergestellter Fußboden kann Krankheit und Tod der Tiere herbeiführen. Die Fußböden müssen völlig undurchlässig sein, eine leichte Reinhaltung ermöglichen, dürfen aber nicht zu glatt und kalt sein. Der Fußboden bekommt etwas Gefälle, das sich nach der Tierart richtet, die untergebracht wird. Bei Verwendung von Kies- oder Schlackenbeton wird der Boden auf einer mindestens 10 cm starken gerammten Sandschüttung hergestellt und zur Vermeidung einer glatten Oberfläche mit Furchen versehen. Bei der Wahl

¹⁾ s. a. Veröffentlichung des Deutschen Beton-Vereins über Stalldecken. Berlin 1912. Wilh. Ernst u. Sohn.

des Stallfußbodens muß man nebst dem Kostenpunkte auch die Haltbarkeit in Betracht ziehen. Je stärker der Fußboden von den Tieren in Anspruch genommen wird, desto widerstandsfähiger wird seine Konstruktion auch sein müssen. Daher wird man bei Hornvieh auch einen minder guten Belag verwenden können, bei Pferdeställen wird dies aber nicht zu empfehlen sein. Denn die Pferde beanspruchen durch ihre Hufe sehr stark den Fußboden, und eine wenig widerstandsfähige Konstruktion geht dadurch ihrem baldigen Ende entgegen. In solchen Fällen ist es außerordentlich praktisch, Betonfußboden zu verwenden. Seine geringe Abnutzungsfähigkeit sowohl, wie auch die Unempfindlichkeit gegen die Einwirkung von Jauche machen den Beton zu dem für solche Fälle geeignetsten Baumaterial. Daß insbesondere der letzt angeführte Punkt tatsächlich zutrifft, zeigen einige Versuche vom Königl. Materialprüfungsamt, damals in Charlottenburg, die angestellt worden sind, um den Einfluß von Jauche auf die Festigkeit von Beton kennen zu lernen. Es wurden aus einer Mischung von 1 Teil Zement, 3 Teilen Mauersand und 5 Teilen Granitsteinschlag Würfel von 10 cm Seitenlänge hergestellt und 1 Tag in der Form belassen, sodann zur Hälfte ins Wasser, zur Hälfte in Pferdejauche gebracht, die alle 4 Wochen erneuert wurde. Nach Zeiträumen von 7 und 28 Tagen, 6 Monaten, 1 Jahre, 2 und 3 Jahren wurden die Würfel der Flüssigkeit, in der sie sich befanden, entnommen und geprobt. Das Ergebnis gibt die nachfolgende Tabelle wieder:

Portland- zement- werke	Erhärtungs- dauer	Druckfestigkeit kg/cm ²	
		Pferde- jauche	Leitungs- wasser
I	7 Tage	131	224
	28 „	239	243
	6 Monate	289	324
	1 Jahr	349	363
	2 Jahre	412	372
	3 „	411	439
II	7 Tage	191	190
	28 „	226	208
	6 Monate	331	332
	1 Jahr	337	333
	2 Jahre	374	410
	3 „	400	378
III	7 Tage	243	235
	28 „	302	292
	6 Monate	317	362
	1 Jahr	288	372
	2 Jahre	463	408
	3 „	477	449

Diese Werte zeigen ganz deutlich, daß ein schädlicher Einfluß der Jauche auf den Beton nicht nachgewiesen werden konnte und daß die Festigkeit des Betons mit zunehmendem Alter auch dann entsprechend zunahm, wenn er in Jauche gelagert wurde. Dieses Ergebnis ist vollständig ausreichend, doch mag betont werden, daß es nur für Pferdejauche in dieser Form nachgewiesen wurde.

Bei der Anlage eines solchen Fußbodens, der nicht unterkellert ist, hebt man den Boden 25 cm tief aus und stampft zunächst eine 15 cm hohe Kiesschicht, auf welcher

in zwei Lagen der Beton einzubringen ist, wobei die obere, etwa 2 bis 3 cm starke Schicht aus etwas fetterem Beton (mindestens 1:4) angefertigt wird. Die Unterlage der Kiesschicht ist besonders wichtig und praktisch.

Auf Abhaltung der durch Betonfußböden entstehenden Kälte ist insbesondere bei Schweineställen zu sehen. Es kommt vor, daß trotz reichlicher Einstreu der Boden im Winter naß und kalt bleibt und die Tiere ruiniert. Es empfiehlt sich in solchen Fällen, und zwar unbedingt dort, wo es sich um Aufzucht handelt, eine Holzlage aus Brettern und Bohlen anzufertigen, den Stallfußboden damit zu belegen und auf diesen erst das Streustroh zu legen. Zwischen Pflaster und Holzlage läßt man einen ganz geringen Zwischenraum (1 cm). Größere Zwischenräume würden den Aufenthalt von Ratten begünstigen. Die gleiche Vorsicht ist auch bei Geflügelställen einzuhalten.

Werden die Bodenräume über den Ställen, wie es ja gewöhnlich geschieht, zu Rauhputterräumen ausgenutzt, so ist ein Lehmauftrag, 7 bis 10 cm stark, der kräftig mit Spreu und Häckerling oder Kaff gemischt ist, das Billigste und Beste, da er die Wärme schlecht leitet und elastisch genug ist, um Beschädigungen der Eisenbetondecke zu verhindern. Korn- und Futtermittelböden auf Eisenbetondecken erhalten wohl einen Gipsestrich auf Sandunterlage; besser ist ein Bretterboden auf Lagerhölzern, bei dem die Lagerhölzer auf Pappisolierung verlegt und der Zwischenraum zwischen den Brettern und dem Betonboden mit trockenem Torfmoß oder auch mit Kaff ausgefüllt wird. Bedingung ist dabei die völlige Abtrocknung der Betondecke.

Dort, wo das Material billig zu beschaffen ist, ist die Herstellung der Fußböden wie die Konstruktion anderer Gebäudeteile aus Beton stets in Betracht zu ziehen. Als Beispiel eines ganz in Eisenbeton hergestellten Stallgebäudes möge das in den Abb. 5 bis 8 dargestellte dienen.¹⁾ (Die Längen sind in Meter, die Eisenstärken in Zoll angegeben.) Dasselbe ist 10,36 m lang, 7,62 m breit, besitzt zwei Geschosse über und ein Geschöß unter Straßenoberfläche und ist bestimmt, mehrere Wagen und drei Pferde aufzunehmen. Außerdem sollen der Kutscher darin wohnen und Vorrats-

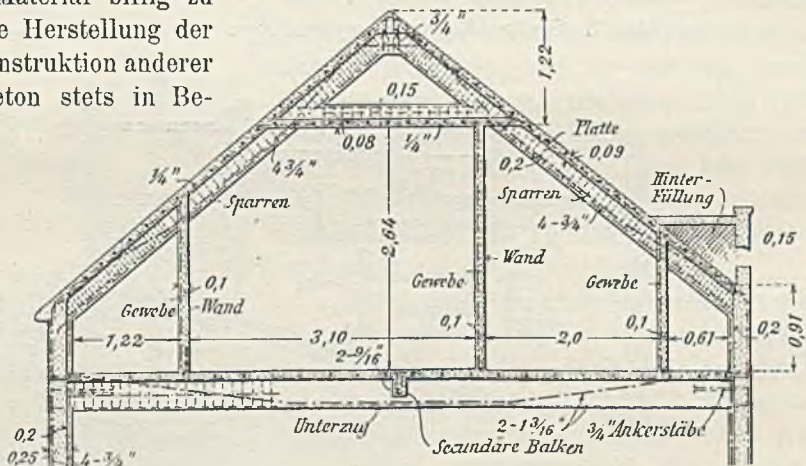


Abb. 5. Stallgebäude. Schnitt durch das Dachgeschoß.

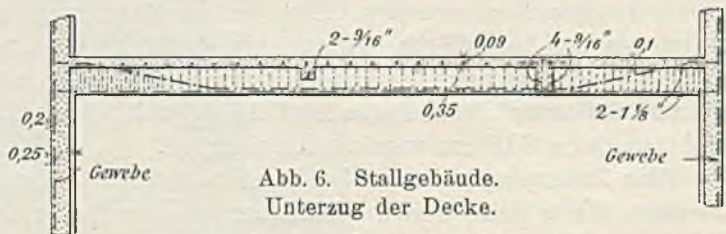


Abb. 6. Stallgebäude. Unterzug der Decke.

kammern für Futter geschaffen werden. Aus Gründen der Feuersicherheit und der hierdurch zu erzielenden geringeren Versicherungsprämie, wie auch mit Rücksicht auf die geringeren Baukosten entschloß man sich, alle Gebäudeteile in Eisenbeton her-

¹⁾ Engineering Record 1904.

zustellen. Das unterste Geschoß dient für Stallzwecke, das darüber befindliche als Wagenschuppen. Der Raum ist vollkommen für diese Zwecke ausgenutzt, indem keine Säulen angeordnet sind. Das oberste Geschoß, durch eine Stiege erreichbar, ist in mehrere kleinere Räume geteilt, die teils für den Aufenthalt des Kutschers, teils zur Aufbewahrung des Geschirrs und als Vorratsraum für Futter dienen. Sämtliche Mauern

sind auf Betonfüße gestellt (76×20 cm), die meist keiner Eisenverstärkung bedurften. Der Fußboden wird durch eine 15 cm starke Betonplatte gebildet, welche auf einer 61 cm starken Schotterlage aufruft. Auch das steile Dach ist aus Eisenbeton hergestellt und für eine Belastung von 200 kg/m^2 der geneigten Oberfläche berechnet. Die entsprechenden Belastungsannahmen für die oberste und die darunter-

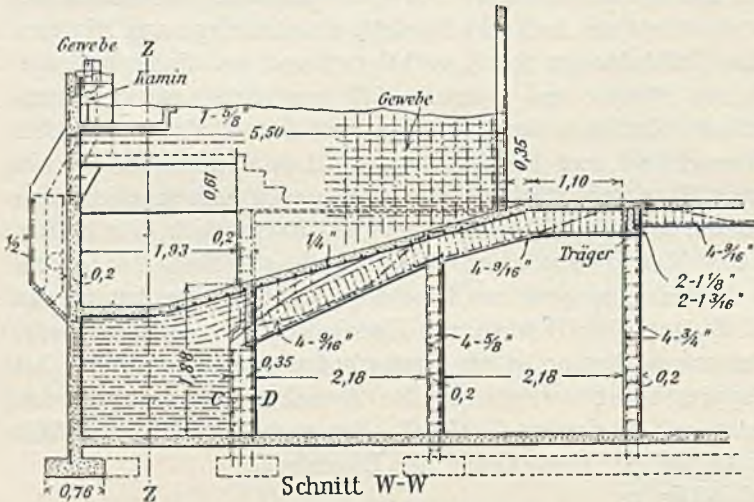


Abb. 7. Stallgebäude. Rampenanlage.

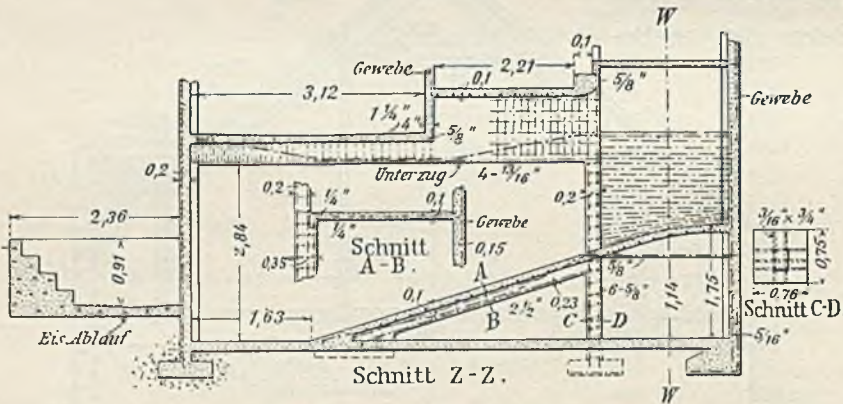


Abb. 8. Stallgebäude. Rampenanlage.

bis zur zweiten Decke reichen. Eine weitere Bewehrung bildet ein Drahtgewebe, das, 2,5 cm von der Außenfläche entfernt, bis hinauf ins Dach reicht. In der rückwärtigen Mauer sind die senkrechten Stäbe zu beiden Seiten der hohen Stallfenster angeordnet, während die unter diesen liegenden Felder durch wagerechte, 8 mm starke Stäbe verstärkt sind, die 30,5 cm voneinander abstehen.

Das Drahtgewebe ist an den Fenster- und Türöffnungen umgebogen und verstärkt auf diese Weise beide Seiten der Mauer; an den Mauerecken geht es rechtwinklig in die nächste Mauer über und wird durch eine zweite Lage von je 61 cm auf jeder Seite überdeckt. Die verwendeten Rundstäbe sind aus Stahl mit einer Festigkeit von 5600 kg/cm^2 und mit 1400 kg/cm^2 zulässiger Beanspruchung in Rechnung gestellt. Die Eisen der Balken und Säulen sind durch 5 mm starke Bügel fest verbunden. Während sie in den Balken in ihrer gegenseitigen Entfernung vom Auflager zur Mitte zunehmen,

tragen 300 bzw. 500 kg/m^2 . Der verwendete Portlandzementbeton ist 1:2:4, ziemlich naß gemischt. Die Wände sind durch in 30,5 cm Abstand senkrechtstehende, 6,5 mm starke Rundisen bewehrt, welche von den Fundamenten

sind sie in den Säulen in Abständen gleich der Dicke der Säule angeordnet. Die Eisenbewehrung ist zunächst fertig montiert und dann unverrückbar in die Schalung gestellt worden, so daß die Ausführung und der Entwurf tatsächlich übereinstimmen.

Die Verbindung zwischen Stall und Schuppen wird durch zwei geneigte Ebenen gebildet, die rechtwinklig zueinander stehen, 1 : 3 geneigt sind und durch einen horizontalen Ruheplatz miteinander zusammenhängen. Einerseits werden sie durch die äußere Mauer getragen, andererseits sind sie durch Balken und Säulen unterstützt. Die Konstruktion ist aus den Schnitten ersichtlich. Die Oberfläche ist durch Querrillen rau gemacht, um ein Ausgleiten der Tiere zu verhüten. Die Bewehrung geschieht durch gerade und abgebogene, 6,5 mm starke Stäbe, die 21,6 cm auseinander liegen.

Die Decke des ersten Geschosses besteht aus einer 9 bis 10 cm starken Platte, die mit einer Lage von Drahtgewebe und 6,5 mm starken Längs- und Querstäben bewehrt ist. Sie wird durch Längs- und Querbalken getragen. Das gleiche trifft bei der Decke des zweiten Geschosses zu, nur sind bei dieser zwei Unterzüge und ein der Länge nach gehender sekundärer Balken. Die Kutscherwohnung hat Holzfußboden. Der Stallfußboden trägt entfernbare Hartholzgitter. Die Dachplatte hat eine gleichmäßige Stärke von 9 cm und ist bewehrt durch 6,5 mm starke Stäbe. Sie wird durch zwei Paare von geneigten Balken getragen, die ohne Platte 20 cm hoch und 15 cm breit sind. Der größte vorkommende Balken hat eine Lichtweite von 6,7 m und ist ohne Platte 30,5 cm hoch und 20 cm breit.

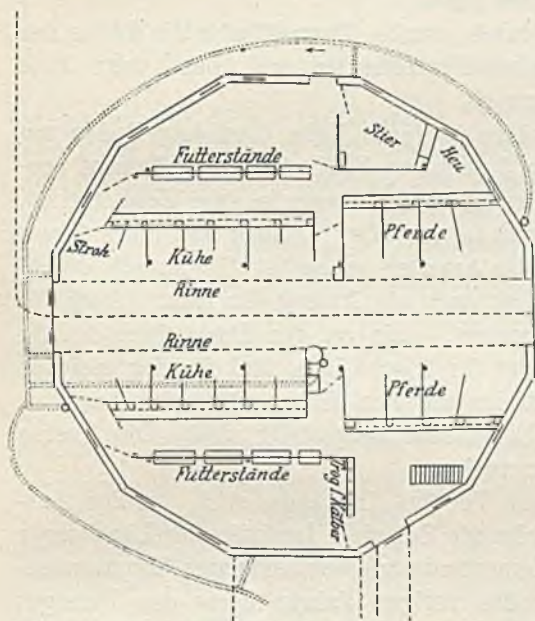


Abb. 9. Stallgebäude und Vorratskammer.
Grundriß.



Abb. 10. Stallgebäude und Vorratskammer.
Ansicht.

Dort, wo eine Unterbrechung im Betonieren eintreten mußte, wurden die Stoßstellen durch eine Lage von Drahtgeflecht verbunden, das in beide eingriff. Die Abteilungswände des Dachgeschosses wurden erst nach Fertigstellung des Gebäudes gestampft. Die Herstellung des Daches erfolgte so, daß nach fertiger Schalung die ganze Fläche in vier horizontale Streifen eingeteilt wurde, die durch schmale Bretter voneinander abgegrenzt waren, so daß der nasse, weiche Beton nicht abfließen konnte. Am nächsten Tage bzw. nach einem Zeit-

raum, der die Verbindung des neuen mit dem alten Beton noch ermöglichte, wurden die Zwischenlagen entfernt und ihr Raum mit Beton ausgefüllt.

Ein anderes interessantes landwirtschaftliches Objekt amerikanischer Herkunft zeigen die Abb. 9 u. 10. Sie stellen ein Stallgebäude mit Vorratskammer und Kutscherwohnung von ungewöhnlicher Form vor.¹⁾ Von dem Bestreben geleitet, einen möglichst großen Fassungsraum zu erzielen bei möglichst kleiner Gesamtwandfläche, entschloß sich der Erbauer M. S. Yoder, einen zwölfseitigen Querschnitt zu wählen. Der Durchmesser beträgt 18,3 m, so daß eine Seite rund 4,9 m lang ist. Das Bauwerk hat 9,2 m hohe Wände. Ein im Querschnitt rechteckiges Vorratshaus mit demselben Fassungsraum hätte 12,2 bzw. 22 m lange Seiten haben müssen; die Wandflächen hätten aber um 90 m² mehr gemessen als bei der gewählten Form.

Die Bewehrung der Mauern erfolgte durch starke Eisenstäbe. Die Dicke der Mauern beträgt 30,5 cm über den 1,06 m starken Fundamenten und nimmt dann in je einem Drittel der Höhe auf 25,4 bzw. 20,3 cm ab.

Zum Haupteingang führt eine kleine Brücke in 2,5 m Höhe über dem Boden mit einer Länge von 5,60 m und einer Breite von 5 m. Der Fußboden ist in Zement ausgeführt. Durch den zentrisch angelegten Fahrweg ist der Raum in zwei Teile zerlegt, welcher zu Ställen für Pferde und Kühe verwendet ist. Der Erbauer hat Wert darauf gelegt, alle Anordnungen so zu treffen, daß alle Arbeiten möglichst ökonomisch durchgeführt werden können. Zu diesem Zweck dient auch ein Aufzug für Heu. Auch für eine moderne Lüftung und Heizung wurde gesorgt. Ein an der Dachspitze, d. i. in rund 16,2 m Höhe, angebrachter Ventilator sorgt für frische Luft, und für den gleichen Zweck dienen 31 Fenster von rund 0,62 m Breite und 1 m Höhe. Bemerkenswert ist, daß auch die Fenster und Türrahmen aus Eisenbeton hergestellt sind. Die Kosten dieses Bauwerks wurden mit 8900 Kronen angegeben.

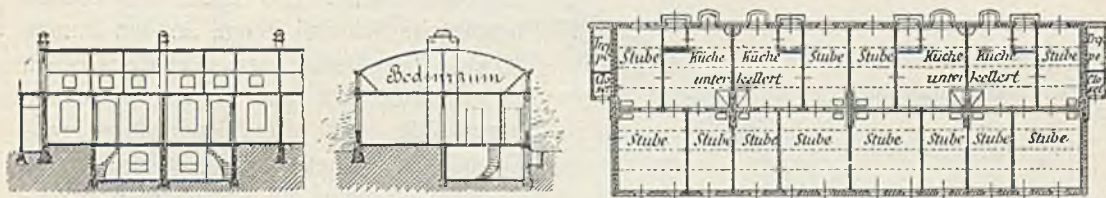
Wie Beton und Eisenbeton infolge ihrer Vorzüge imstande sind, an der Ausbreitung der Kultur mitzuwirken, zeigt das folgende Beispiel. Inmitten der Lüneburger Heide entstand durch die Tatkraft des in der Zementindustrie bestbekanntesten Kommerzienrats Toepffer Ende der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts das Forstgut Lopau mit dem Vorwerk Westerhorn, das einen Teil des unwirtschaftlichen Heidelandes in Kulturboden umgewandelt enthält. Das schon beim Ankauf 2500 Morgen große Gebiet erforderte zu seiner Bewirtschaftung auch die Errichtung zahlreicher Baulichkeiten, teils zu Wohn-, teils zu Wirtschaftszwecken dienend. Da weder Ziegel-, noch Bruchsteine in genügender Nähe zu erhalten waren, faßte Toepffer den Entschluß,²⁾ diejenigen Materialien zu benutzen, die an Ort und Stelle reichlich vorhanden waren: Sand und Feldsteine. Unter Zumischung von verhältnismäßig wenig Portlandzement ließ sich ein brauchbarer Beton und unter weiterer Verwendung von Drahtnetz und alten, sonst nicht mehr gebrauchsfähigen Lokomotivsiederrohren auch Eisenbeton herstellen. Die Arbeitskosten ermäßigten sich dadurch ganz enorm, da nicht nur billiges Material, sondern auch eine geringe Anzahl von Arbeitskräften verwendet werden konnte.

Das verwendete Drahtnetz hatte 50 mm Maschenweite und 2,2 bis 3 mm Drahtstärke. Die Siederohre besaßen 50 mm äußeren Durchmesser und 2,5 mm Wandstärke. Die Betonmischung für die Mauern wurde im Verhältnis von 1 Teil Sternzement (Stettin) zu 8 bis 10 Teilen Kiessand auf einer Mischmaschine hergestellt und ziemlich naß verwendet. Schließlich wurden noch Lesesteine verschiedener Größe mit eingestampft. Die Arbeit wurde von einem einzigen Maurer unter Mithilfe von nur drei Arbeitern in

¹⁾ B. u. E. 1912, Heft XVI. S. 366.

²⁾ Die Toepfferschen Heidekulturen in Lopau. Gesammelte Berichte. Z. und B. 1903.

wenigen Wochen geleistet. Die ganze Anlage ist, auch was die Konstruktionen anlangt, durchaus modern angelegt und zeigt eine technisch durchaus richtige Durchführung. So sind die Tür- und Fensteröffnungen durchweg mit Eisenbetonüberlagen überdeckt, ebenso sind die Dächer und Decken aus Eisenbeton hergestellt. Abb. 11 zeigt Grundriß



Schnitte Abb. 11. Grundriß
Forstgut Lopau. Arbeiterwohnhaus.

und Schnitt des Arbeiterwohnhauses. Es enthält vier Wohnungen, aus je einer Wohnstube, zwei Schlafstuben und einer Küche bestehend. Die Zugangstropfen (Abb. 12) sind aus Eisenbeton hergestellt und liegen an der Außenseite des Gebäudes. Der Raum unter der Treppe wird für Aborte und Gerätekammern ausgenutzt. Die Außenmauern enthalten eine Luftisolierschicht, die dadurch hergestellt wurde, daß man in der Mitte der Mauer eine Bretterwand hochführte und sie nach Fertigstellung der Mauer herauszog. Da diese Art der Herstellung zu umständlich war, so wurde bei den anderen Gebäuden Dachpappe eingelegt. Die Konstruktion der Decken zeigt Abb. 13. Auch hier sind Siederohre verwendet. Sie sind 25 cm von Mitte zu Mitte entfernt und tragen (mit Drahtschlingen verbunden) tangential oben und unten ein Drahtnetz aus unverzinktem Eisendraht. Die ganze Decke ist 8 cm stark. Auch für die vorkommenden Säulen wurden diese Siederohre benutzt (70 mm). Besonders interessant ist die Herstellung des Daches. Abb. 14 zeigt jenes Dach, das zum Dampfplflug-

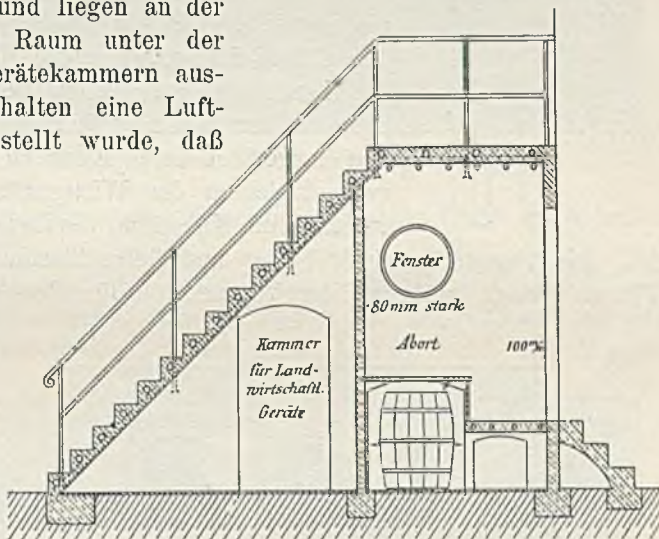


Abb. 12. Forstgut Lopau. Zugangstreppe.

schuppen (Abb. 15) gehört. Als Haupttragstäbe sind hier T-Eisen von 50 × 50 mm Größe verwendet, die nach der Dachform gebogen und beiderseits mit Drahtgeflecht bespannt sind. Die T-Eisen liegen in Abständen von 1,50 m, die Spannweite des Daches beträgt 15 m. In der Längswand liegen Siederohre, um welche die beiden

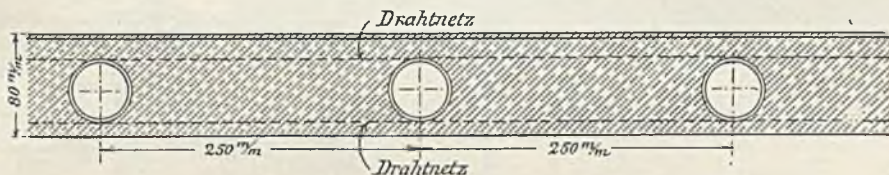


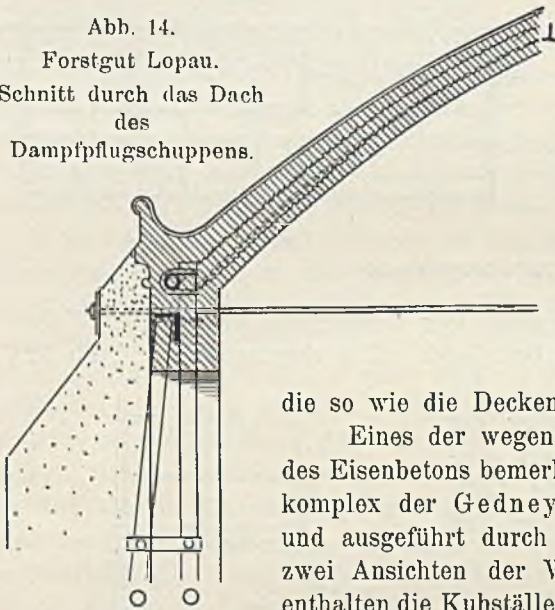
Abb. 13. Forstgut Lopau. Deckenkonstruktion.

schuppen (Abb. 15) gehört. Als Haupttragstäbe sind hier T-Eisen von 50 × 50 mm Größe verwendet, die nach der Dachform gebogen und beiderseits mit Drahtgeflecht bespannt sind. Die T-Eisen liegen in Abständen von 1,50 m, die Spannweite des Daches beträgt 15 m. In der Längswand liegen Siederohre, um welche die beiden

Drahtgeflechte geschlungen sind. Der Horizontalschub ist auf alle 5 m durch Rundenstangen aufgenommen, die im Mauerwerk verankert sind. Zur größeren Sicherheit sind auch in Binderentfernung Strebepfeiler angeordnet worden. Die Umfassungsmauern sind mit diesen Pfeilern durch aufrecht stehende Siederöhre verbunden, die in den Beton eingebettet sind. Die Stärke des Daches beträgt im Scheitel 10 cm, an den Rinnen 15 cm. Diese sind, um solche aus Blech zu ersparen, mit dem Dach zugleich so hergestellt, daß die Längskanten des Daches nach oben verlängert sind. Das Gefälle ist gegen die Giebelseiten zu angeordnet. Die Betonmischung war hier 1 : 6. Die Abb. 16 zeigt das Stallgebäude. Erwähnt sei hierbei nur, daß die einzelnen Schweinebuchten durch 7 cm starke Eisenbetonwände voneinander getrennt sind,

die so wie die Decken erzeugt wurden.

Abb. 14.
Forstgut Lopau.
Schnitt durch das Dach
des
Dampfpflugschuppens.



die so wie die Decken erzeugt wurden.

Eines der wegen seiner Mannigfaltigkeit in der Anwendung des Eisenbetons bemerkenswertesten Beispiele bietet der Gebäudekomplex der Gedney Farm, White Plains, N.-Y., entworfen und ausgeführt durch Edward Burnett. Abb. 17 u. 18 zeigen zwei Ansichten der Wirtschaftsgebäude. Die niedrigen Flügel enthalten die Kuhställe, von denen jeder für vierzig Kühe berechnet ist. Die Vorratsräume für Futter und Getreide sind an die Vereinigungsstelle beider Flügel verlegt, während der Vorratsraum für Heu den Hintergrund einnimmt. Der

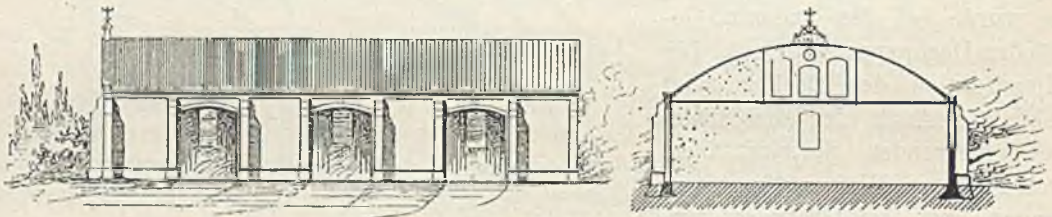
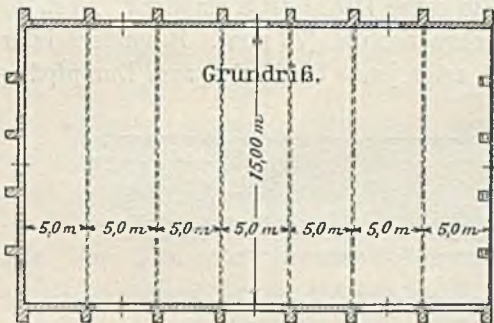


Abb. 15. Forstgut Lopau. Dampfpflugschuppen



kleine, in Abb. 18 sichtbare Turm im Vordergrund hängt mit dem Milchraum zusammen, wo die Kühe gemolken werden. Hier wird die Milch gewogen und in eine große Kanne gegossen, welche, wenn sie gefüllt ist, gehoben und mittels einer Seilbahn etwa 60 m weit in die Meierei befördert wird. Im ganzen sind vier derartige Flügel mit

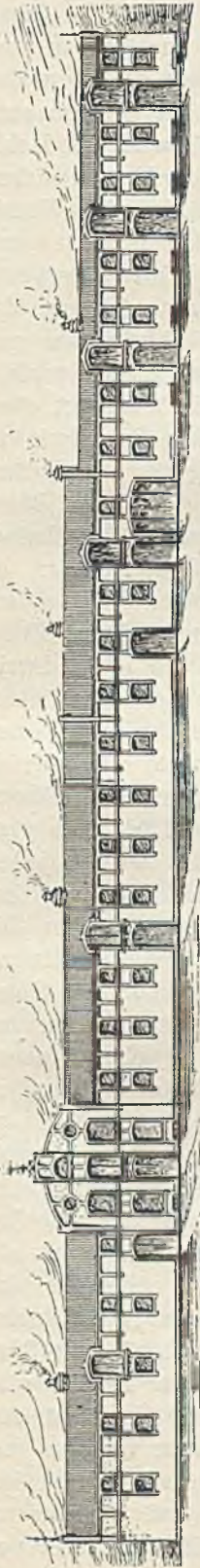


Abb. 16. Forstgut Lopau. Stallgebäude.

Wirtschaftsgebäuden und zwei Silos vorhanden. Der in Abb. 18 sichtbare hat einen inneren Durchmesser von 6,1 m, ist etwa 10 m bis zur Traufe hoch und faßt mehr als 200 t.

Die Wände des Silos sind je 7,6 cm stark und lassen zwischen sich eine 25 cm starke Luftisolierung, gleich wie es bei Ausführung der Wirtschaftsgebäude eingehalten wurde. Die Eisenverstärkung besteht aus vertikalen Eisenstäben und horizontalen Eisenringen. Das Dach ist mit Schindeln gedeckt, um mit dem

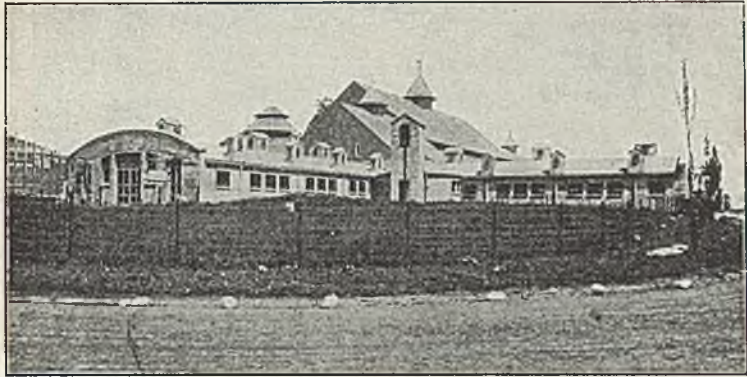


Abb. 17. Gedney-Farm. Vorderansicht.

Dach des Hauptgebäudes übereinzustimmen. Diese Silos haben sich besonders gut bewährt.

Abb. 19 zeigt das Innere eines Kuhstalles. Dieser Flügel, wie auch die anderen, ist innen 24,4 m lang und 12,8 m breit und an den Seiten 2,44 m, in der Mitte 3,35 m hoch. Die Mauern



Abb. 18. Gedney-Farm. Rückansicht.

sind, wie schon oben erwähnt wurde, mit Luftisolierung ausgeführt und wurden alle 90 cm durch Rippen miteinander verbunden. Diese Hohlmauern wurden nur dort nicht gemacht, wo die die Dachträger aufnehmenden Säulen vorkommen. Auch das Dach enthält eine Luftisolierung, die eine untere, 7½ cm starke Platte von der oberen, 10 cm starken trennt. Sie beträgt 75 cm in der Mitte und 60 cm an den Seiten. Das Dach wird von Eisenbetonbalken getragen, die 1,50 m auseinanderliegen und so hoch sind.

wie das Dach stark ist, d. i. 77,5 cm an den Seiten und 92 cm in der Mitte. Die Stöge sind 30 cm breit und mit vier einzölligen Ransomestäben verstärkt; auch wurde eine entsprechende Anzahl von Bügeln angeordnet. Diese Träger sind nach der Form des Daches gebogen und als Balken berechnet, so daß kein Schub auf die Seitenmauern ausgeübt wird. Die Hohlräume der Mauern wirken ausgezeichnet als Ventilationskanäle und enthalten eine eingebaute LüftungsVorrichtung, die die Frischluftzufuhr und die Abfuhr der verdorbenen Luft besorgt, ohne die Tiere irgendwie zu belästigen. Die Futterbarren sind aus Beton gegossen und enthalten einen Wassereinlauf an dem einen und -ablauf an dem anderen Ende, so daß sie leicht durchspült werden können. Für die AbteilungsPfosten verwendete man viertelzöllige verzinkte Röhren, wie Abb. 19 deutlich zeigt.

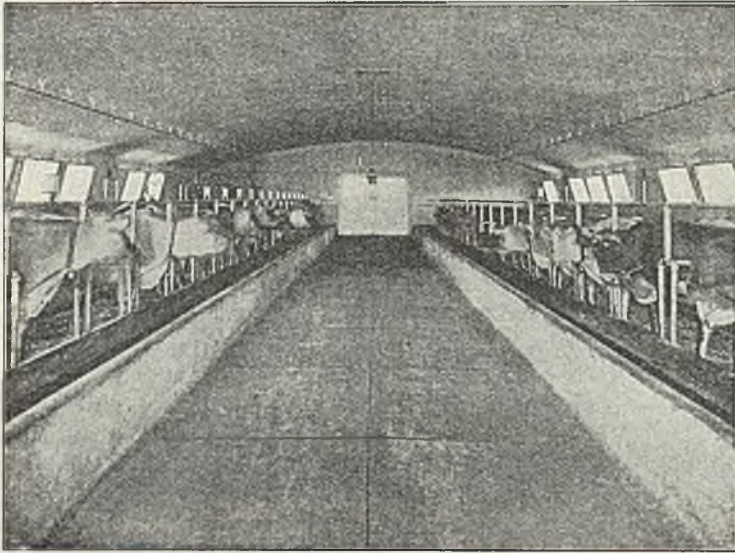


Abb. 19. Gedney-Farm. Kuhstall.

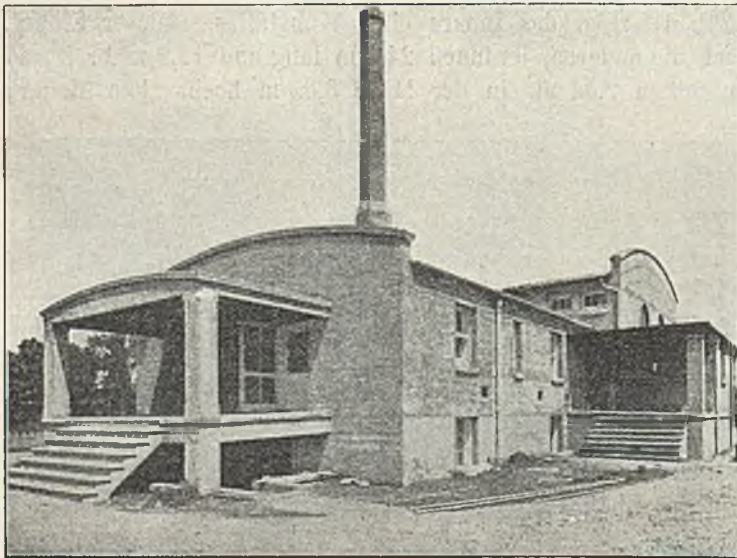


Abb. 20. Gedney-Farm. Molkerei.

mittels einer Hängebahn auf halbzyklindrischen Wägelchen aus den Ställen entfernt. Jedes Tier hat an seinem Stand eine Vormerktafel für den Stammbaum, für das verbrauchte Futter und die gelieferte Milch. Die beschriebene Bauart bringt es mit sich, daß diese Ställe im Winter warm und im Sommer kühl bleiben, und Temperaturablesungen im Winter zeigten eine Maximaländerung an der Innenseite der Mauer von

ausgeübt wird. Die Hohlräume der Mauern wirken ausgezeichnet als Ventilationskanäle und enthalten eine eingebaute LüftungsVorrichtung, die die Frischluftzufuhr und die Abfuhr der verdorbenen Luft besorgt, ohne die Tiere irgendwie zu belästigen. Die Futterbarren sind aus Beton gegossen und enthalten einen Wassereinlauf an dem einen und -ablauf an dem anderen Ende, so daß sie leicht durchspült werden können. Für die AbteilungsPfosten verwendete man viertelzöllige verzinkte Röhren, wie Abb. 19 deutlich zeigt. Die Kühe werden jederseits mit Ketten an dem Kummer angebunden. Die Böden sind ebenfalls aus Beton, und die Gasse hinter den Ställen hat einen doppelten Wasserverschluß, welcher zu einer zweifachen Drainage gehört, indem einerseits der Urin zu einem in der Nähe der Düngergrube befindlichen Betontank abgeleitet, andererseits das Spülwasser in den Regenwasserablauf abgeführt wird. Der Dünger wird

nur 8° F. (4½° C.), wenn die größte Temperaturänderung an der Außenseite 25 bis 30° F. (14 bis 17° C.) betrug. Es mag hier hinzugefügt werden, daß die Innenseite der Mauern noch mit einem Zementpflaster versehen ist, das bequem gewaschen und gerieben werden kann.

Das Hauptgebäude ist ebenfalls mit Betonhohlmauern der beschriebenen Art errichtet, doch reichen diese nur bis zur Traufe. Der übrige Teil wie auch die Giebel sind aus Holzwerk, auf welches ein Drahtgewebe befestigt und das mit einem Betonspritzwurf versehen wurde. Das Gebäude ist innen 36,6 m lang und 18,3 m breit und hat eine lichte Höhe von 12,75 m.

Die Futterräume stehen jederseits an der Vereinigung der zwei Stallflügel. Die erste Decke ruht auf sechs Säulen; sie hat 12,6 m Spannweite und bietet reichlich Raum zur Handhabung des Futters. Darüber sind die Kornbehälter mit Förderrinnen zur Beförderung des Getreides in den unteren Raum. Die Silos sind mit den Futterräumen durch gedeckte Gänge verbunden, und unter den Futterräumen sind die Kartoffelkeller, die ebenfalls ganz in Beton gebaut wurden.

Abb. 20 zeigt das Molkereigebäude. Hier soll die Milch gekühlt und so rasch als möglich,

nachdem sie von der Kuh kommt, in Flaschen gefüllt werden. Die Bauart unterscheidet sich nicht von der der früher beschriebenen Gebäude. In jedem Raum ist ein Anschluß an die Dampf- und Wasserleitung, so daß heißes Wasser oder Dampf entnommen werden kann, um das Gebäude rein zu halten und zu sterilisieren. Die Molkerei enthält natürlich alle erforderlichen Einrichtungsstücke, wie Filter, Kühler, Füllvorrichtungen, Separatoren, Rahmkufen usw. Der Rest der Einrichtung besteht

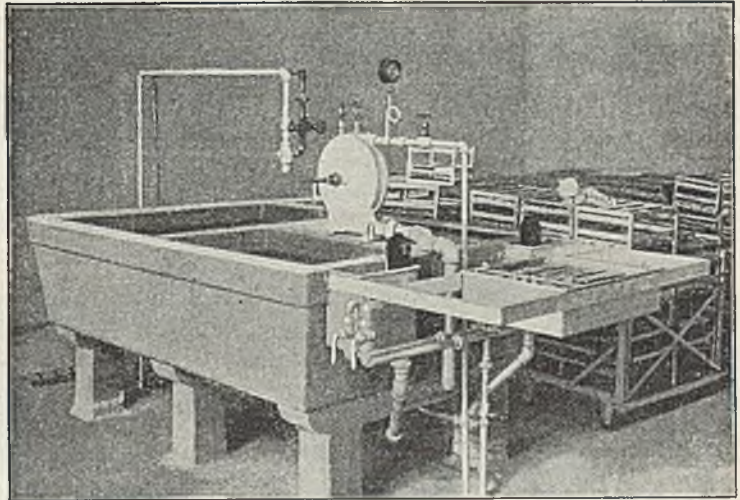


Abb. 21. Gedney-Farm. Flaschenraum.

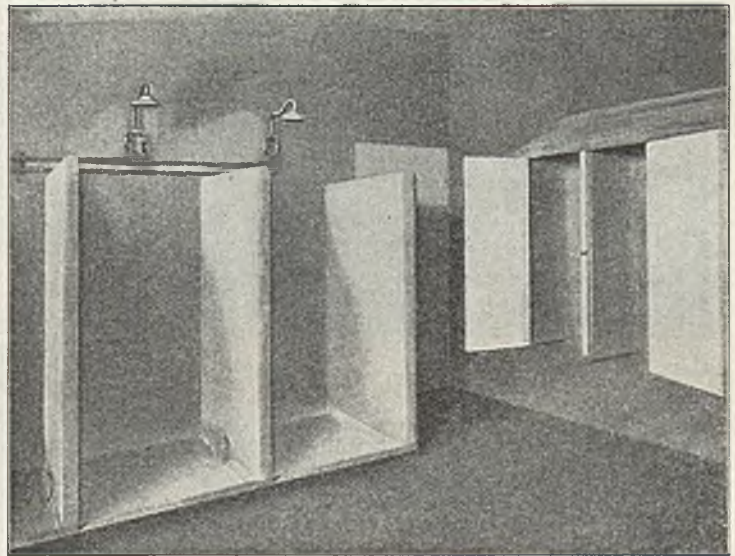


Abb. 22. Gedney-Farm. Brausebad.

zum Teil aus der Butterschlagmaschine, welche elektrisch betrieben wird, einem Eisbrecher zum Zerkleinern von Eis, das für die zu verschiffende Milch benötigt wird, einem großen Ausguß, der in zwei Teile geteilt ist, zum Waschen der Flaschen usw., und der mit einem Waschapparat in Verbindung ist, den zwei Mann bedienen können. Dieser Waschtrog ist an Ort und Stelle aus Beton gestampft und hierauf mit einem Zementpflaster versehen worden und hat sich außerordentlich bewährt. Abb. 21 gibt ein deutliches Bild desselben. Nachdem die Flaschen gewaschen sind, werden sie in passende Gestelle auf Wagen gebracht, und je zwei der letzteren kommen gleichzeitig, bevor sie in den Milchraum gelangen, in den Dampfsterilisierapparat, wo die Temperatur auf 240° erhöht wird. Nach Einfüllung der Milch kommen dieselben Gestelle mit den

Flaschen in die Kühlräume. Auch diese sind in Beton gebaut unter Anwendung einer isolierenden, 5,2 cm starken Luftschicht. In den Kühlräumen sind Tanks mit Salzwasser untergebracht, welches hier zirkuliert, um die Temperatur niedrig zu erhalten. Diese Tanks ruhen auf einer Eisenbetonplatte. Ein anderer Raum der Anlage enthält den Kühlapparat mit der Eismaschine. Zwei weitere Räume nahe dabei dienen den Milchmeiern und Melkern zum Anziehen und Waschen, da größte Sauberkeit unbedingt gefordert wird. Alle diese Räume wie auch die übrigen sind ganz in Beton gebaut, einschließlich der Abteilungswände zwischen den einzelnen Brausen und den Kleiderschränken (Abb. 22). Der Kesselraum der Molkerei enthält zwei 30pferdige Kessel, die mit einem Eisenbetonschornstein (Abb. 23) in Verbindung stehen. Dessen innerer Durchmesser beträgt ungefähr 60 cm, seine Höhe über dem Rost 15 m. Sein Querschnitt wurde achteckig gewählt, um die Form leichter herstellen zu können. Nun-

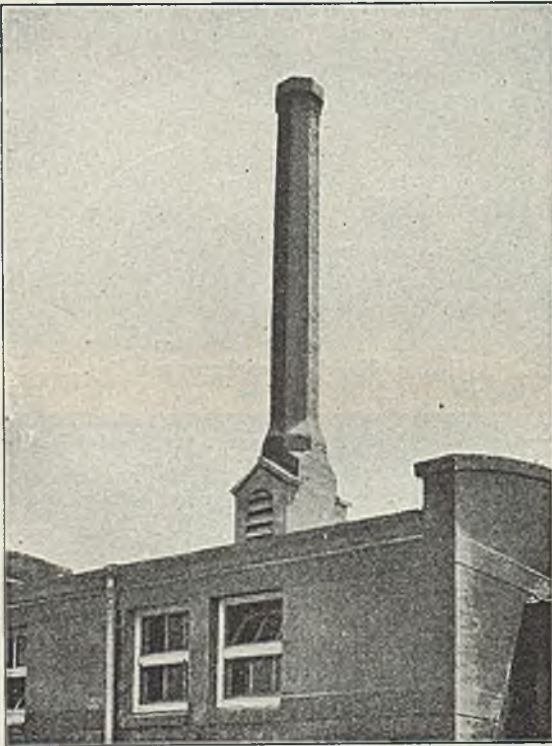


Abb. 23. Gedney-Farm. Molkerei.

mehr mag die kurze Beschreibung der Düngerstätte, wie sie die Abb. 24 u. 25 zeigen, gegeben werden. Diese Baulichkeit, nach welcher der Dünger aus den Ställen zugefahren wird, ist 33 m lang, 12,6 m breit und hat ein Dach, das von drei Säulen getragen wird und ebenso geformt ist wie dasjenige der Kuhställe. Der Unterschied besteht nur darin, daß hier die innere Platte fehlt und somit die Träger sichtbar werden. Auch die Konstruktion der Umfassungsmauern unterscheidet sich von der der Kuhställe. Die Pfeiler wurden zuerst hergestellt und dann das Dach, während die Füllungen zwischen den Pfeilern erst später ausgeführt wurden, aber auch ganz hätten weggelassen werden können.

In der Nähe dieser Düngerstätte befindet sich das Taubenhaus, 31,8 m lang, 8,4 m breit, mit einem kleinen Vorratsraum für Futter an dem einen Ende. Die Trennungsmauern sind auch hier alle aus Beton; die Abb. 24 u. 25 geben einen Ein-

blick in das Innere und einen schönen Beweis dafür, wie der Eisenbeton zweckmäßig allen Anforderungen zu entsprechen vermag. In der ganzen Anlage ist kein Holz, das durch dauernden Gebrauch zugrunde gehen könnte, und es ist keine Gelegenheit gegeben, daß sich Keime der verschiedenen Taubenkrankheiten einnisten könnten, deren Verheerungen so unheilvoll in unsauberen Taubenschlägen werden. Außerhalb des Gebäudes (Abb. 26) sieht man die Tummelplätze, voneinander durch Drahtzäune getrennt.

Anschließend an das Taubenhaus ist das Schlächter- und Räucherhaus gelegt. Es enthält einen Brühtrog und einen Schabttisch, beide aus Beton, nebst einem Kessel für heißes Wasser. Ein Kühlapparat sorgt für die Erhaltung des aufbewahrten Schweinefleisches. — Außer den genannten Anwendungen hat der Eisenbeton bei Erbauung der Gedney Farms noch vielfache andere Verwendung gefunden. So z. B. für die Herstellung von Zäunen, die wir später besprechen, von Abschlußmauern, von Stufen, Trögen u. a. m. Zum Schlusse möge aber noch einmal auf die Konstruktion der Hohlmauern hingewiesen werden, wie sie die Abb. 28 zeigt. Die

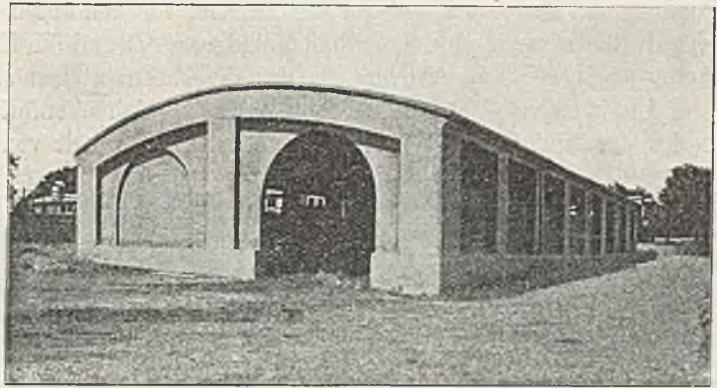


Abb. 24. Gedney-Farm. Düngerstätte.

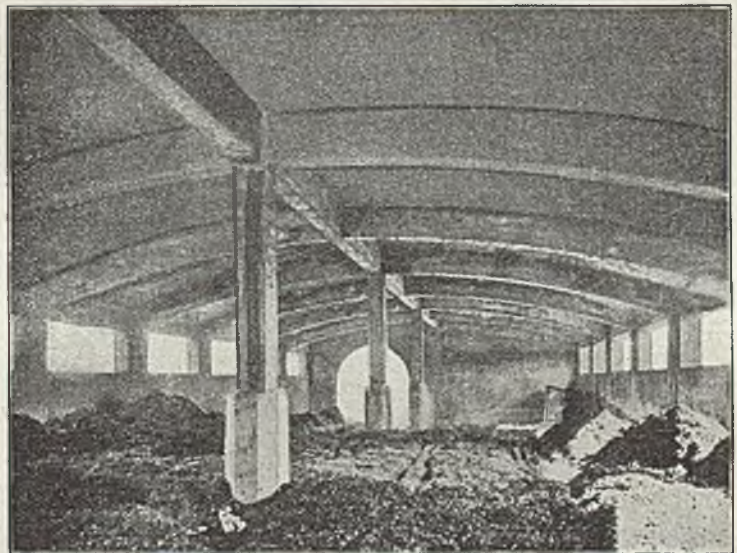


Abb. 25. Gedney-Farm. Düngerstätte.

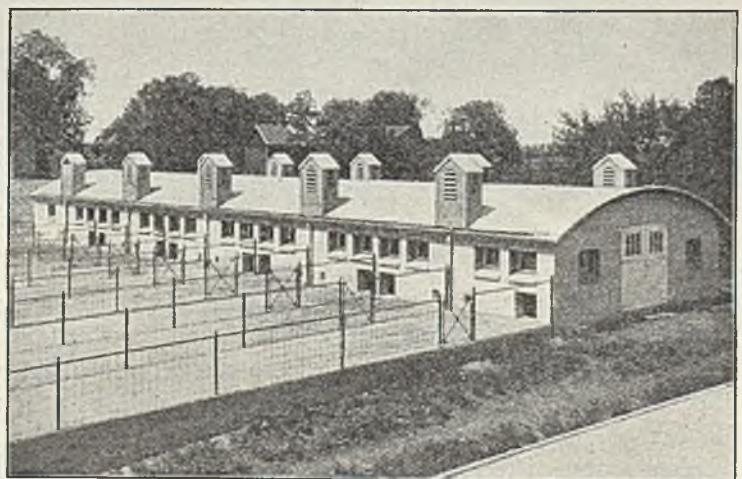


Abb. 26. Gedney-Farm. Taubenhaus.

Fundamente sind bereits fertig, die Formen für den äußeren Teil der Mauern sind aufgestellt, die Fenster- und Türrahmen sind versetzt und die Kernformen, welche die Hohlräume aussparen, vorgerichtet. Auch die Eiseneinlagen sind schon teilweise sichtbar.

Ein weiteres Beispiel¹⁾ dieser Art, das sich ebenfalls durch die Mannigfaltigkeit in der Verwendung des Eisenbetons auszeichnet, wurde von der Turner Construction Co.



Abb. 27. Gedney-Farm. Taubenhaus.

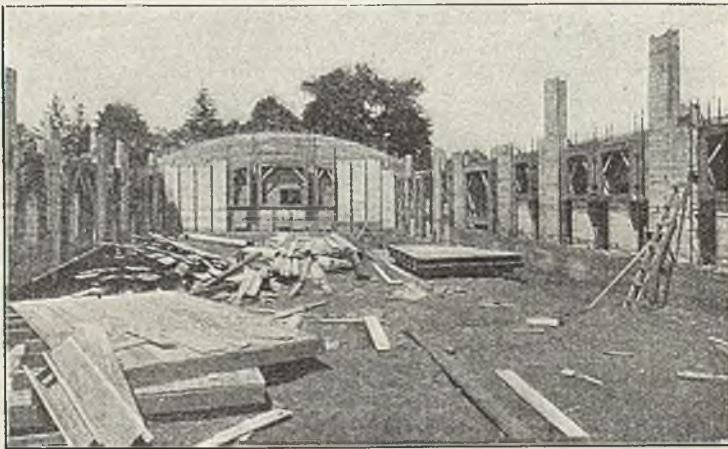


Abb. 28. Gedney-Farm. Aufbau.

durch denselben Architekten in der Nähe von Sterlington, N.-Y., durchgeführt (Abb. 29, 30 u. 31). Es gelangten zur Ausführung außer Kuhställen und Heuscheunen Ställe für Kälber und Stiere, Futterkasten, Kartoffelkeller, Kesselhäuser, Kohlenbehälter, Milchräume, Waschanlagen, Getreidebehälter und ein vollständiges Wohnhaus für die Familie des Meiers. Alle diese Gebäude sind durchaus in Eisenbeton hergestellt. Die Bewehrung besteht aus Ransomstäben verschiedener Stärke; der Beton bestand aus 1 Teil Zement, 3 Teilen Sand und 5 Teilen Schotter. Der Beton wurde ziemlich naß angemacht, in einer Maschine gemischt und mittels Schubkarren an die Verwendungsstelle geführt. Die Schalung war so entworfen, daß sie leicht aufgebaut und ebenso rasch entfernt werden konnte. Man erreichte dies mit Hilfe

von Schrauben und Keilen an passenden Stellen. Die Formkasten für die Balken und Unterzüge wurden aus gehobelten zweizölligen Brettern zusammengesetzt.

Das Äußere der Gebäude erhielt einen Spritzwurfverputz. Er wurde aus einer Mischung von Sand, Kiesel und Zement gemacht und erst aufgebracht, nachdem die Mauern eine Zeitlang nach Vollendung des Baues gehörig aufgeraut und aufgekratzt worden waren. Die Herstellung des Verputzes wurde sorgsam überwacht, und es wurde

¹⁾ Cement Age 1908.

darauf gesehen, daß die Masse recht fest angeworfen wurde, weil sie nur auf diese Weise zum festen Anhaften gebracht werden konnte. Schließlich wurde die Oberfläche noch mit einem dünnen Überzug einer Sand-Zement-Mischung überzogen. Die Dächer erhielten rot glasierte Dachziegel, um einen angenehmen Gegensatz zum Grau des Betons zu schaffen.

Der Verputz im Inneren war von zweierlei Art. Für die Kuh- und Kälberställe, Futtermaterialräume, Wasch- und Kühlräume wurde Zementpflaster verwendet. Auch dieses wurde erst nach sorgfältigem Abkratzen der Betonmauern oder Abteilungswände aufgebracht. Der

Kartoffelkeller, die Scheune u. dergl. wurden nicht mit Platten belegt, sondern ihre Wände wurden so belassen, wie sie aus der Form kamen. Der Kesselraum wurde weiß getüncht. Zwischen allen

Mauern und Decken wurden Hohlkehlen angeordnet, ebenso wurden alle äußeren und inneren Ecken sorgfältig ausgerundet.

Die Abteilungen im Kuhstall wurden aus Beton gebildet, sind 1.10 m hoch und 10 cm stark und mit 6,5 mm starken Ransomestäben bewehrt. Diese Abteilungswände

sind ebenfalls mit Platten versehen und oben abgerundet. Von den Wänden des Landhauses sind einige aus Eisenbeton, andere aus Terrakottaziegeln und im allgemeinen 8 cm dick. In den Wohnräumen des Meiers besteht der Fußboden aus einem einzölligen Holzboden auf zweizölligen Polsterhölzern, die in Aschenbeton auf die Eisenbetonplatten verlegt wurden. Alles Holzwerk erhielt einen dreifachen Ölanstrich. Die Kuh- und Kälberställe wurden durch Einlagen von Teer und Papplage wasserdicht



Abb. 29. Sterlington-Farm.
Ansicht mit Kuhstall links und Meierwohnung rechts.

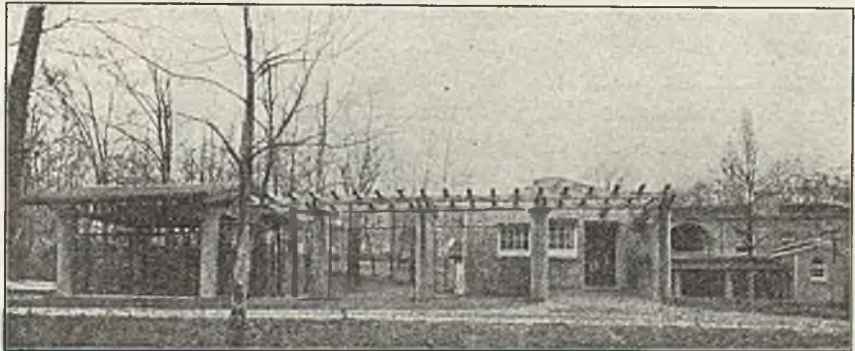


Abb. 30. Sterlington-Farm.
Ansicht mit Düngerstätte (links).

gemacht. Dies wurde erreicht, indem zuerst auf eine zweizöllige rauhe Betonschicht drei Lagen Pappe und heißer Asphalt und schließlich die restlichen vier Zoll Beton aufgebracht wurden. In allen Räumen, in denen mit Wasser umgegangen werden muß, erhielten die Fußböden ein Gefälle mit einer entsprechenden Drainage für die Ableitung des Wassers.

Der Kuhstall ist ungefähr 6,7 m breit, 22 m lang, eingeschossig und mit einem sanft gewölbten Dach versehen. Die Konstruktion des letzteren gleicht dem in dem



Abb. 31.
Sterlington-Farm.
Grundriß.

vorigen Beispiel beschriebenen. Die Balken sind an den Mauern 35, in der Mitte 125 cm hoch, 3,30 m voneinander entfernt, und auch hier verbindet die Balken nicht nur eine obere Platte, sondern auch eine untere, so daß zwischen bei den ein schützender Luftraum entsteht. Auch die Mauern, die hier 40 cm stark sind, sind mit isolierender, 25 cm starker Luftschicht ausgeführt. Ein eigenes Ventilationssystem — das gleiche wie in Gedney Farms — besorgt die ständige Zirkulation der Luft. Die Pfosten an den Kuhständen sind durch 1½ zöllige Eisenröhren gebildet, die in die Betondecken versetzt wurden. Ein bemerkenswertes Einrichtungsstück ist auch diesmal der durchgehende Futtertrog, welcher 1 m weit und 51 cm hoch ist. Der

Dünger wird auch hier mit Hilfe einer Laufkatze gehoben und auf Wägelchen zur Düngerstätte gefördert.

Der Heuraum mißt etwa 12,6 m im Quadrat und enthält zwei Geschosse. Auf der ersten Decke sind das Futter und die Kartoffeln usw. gelagert, während die zweite Decke zur Stapelung von Heu und Getreide benutzt wird. Diese Gebäude sind von dem Wohnhaus des Meiers durch eine breite Passage getrennt, welche auf der einen Seite mit Hilfe einer Eisenbetonstiege die Verbindung mit den tiefer liegenden Teilen herstellt.

Das Wohnhaus ist nahezu 15 m lang, 12 m breit und zweigeschossig. Zu ebener Erde sind die Wirtschaftsräume und im Obergeschosse die Wohnzimmer untergebracht. Die Innenausschmückung ist besseren Anforderungen entsprechend, und die Vorhalle, Pergola usw. geben dem Gebäude ein nettes Aussehen.

In Verbindung mit dem Wohnhaus ist ein Kühlraum, ebenfalls in Eisenbeton erbaut. Er ist ungefähr 3,7 m lang, 2,5 m breit und 4,5 m hoch. Etwa 2,5 m über dem Boden befindet sich eine auskragende Plattform aus Beton, die mit einem Eisbehälter in Verbindung ist.

Dieser Behälter wird von drei Seiten von Luftkanälen umgeben, welche mit einem kleinen Raum unterhalb, in welchem die Milch aufbewahrt wird, zusammenhängen. Die kalte Luft durchstreicht die Kanäle und erhält die Milch auf niedriger Temperatur. Die Wände sind durch drei Abteilungen aus hohlen Terrakottaziegeln isoliert, welche zwei Luftschichten zwischen sich lassen. Sowohl die Luftschichten als auch die Ziegelwände sind je 7,5 cm stark. Das Ganze wird von zwei Eisenbeton-

mauern eingeschlossen, von denen die äußere 12,5 cm, die andere 10 cm stark ist, so daß sich eine Gesamtstärke der Mauer von 60 cm ergibt. Auch die Decke unter dem Holzdach enthält drei Luftschichten zwischen zwei Lagen Terrakotta und zwei Eisenbetonplatten.

Eine Doppeltür verbindet den Kühlraum mit dem Milchraum.

Schließlich sei noch erwähnt, daß eine Pergola, getragen von starken runden Säulen, zu der Düngerstätte führt, deren Dach ebenfalls auf Betonsäulen ruht und die seitlich durch hölzerne Gitter abgeschlossen ist.

Die Abb. 29, 30 u. 31 geben Ansichten und Grundriß dieser Anlage.

Schließlich mögen noch ganz kurz zwei weitere Stallbauten beschrieben werden, die ganz in Eisenbeton hergestellt wurden. Die Abb. 32 u. 33 betreffen ein Stallgebäude für die Rob. Gair Co., Brooklyn, N.-Y., ausgeführt von der Turner Construction Co., New-York. Es bietet Raum für 50 Pferde, ist 26,8 m innen lang und 15 m breit, ohne durch Säulen oder Wände unterteilt zu sein. An der Längsseite des Gebäudes führt ein schräg aufwärts führender Gang in das obere Geschoß, wo die Stallung und die Wohnung des Pferdewärters untergebracht sind, ferner die Räume für das Geschirr und für Futter. Zwischen den Pferdeständen, die 2,80 m lang und 1,50 m breit sind, läuft ein etwa 2 m breiter Gang. Als Eiseneinlagen gelangten Ransomstäbe auch in den aus Eisenbeton bestehenden Abteilungswänden der Pferdestände zur Verwendung.

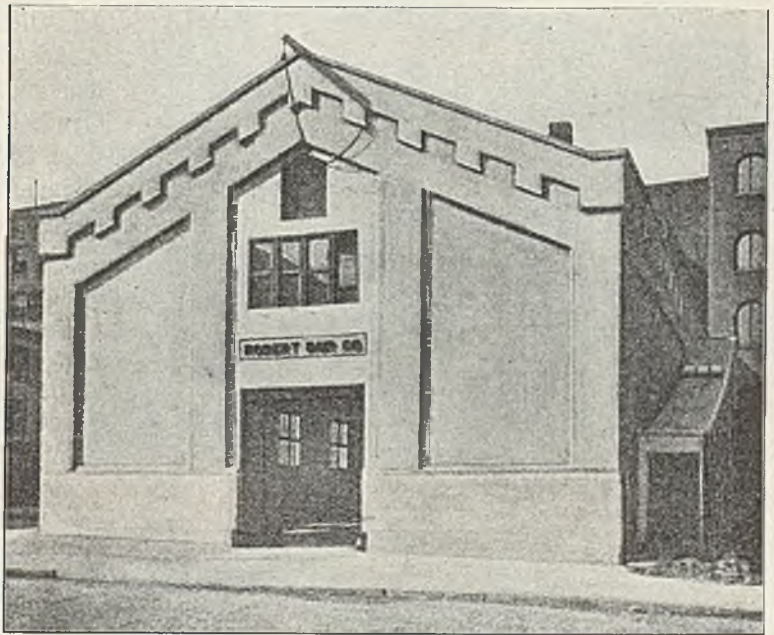


Abb. 32. Ansicht des Stallgebäudes der Rob. Gair Co., Brooklyn.

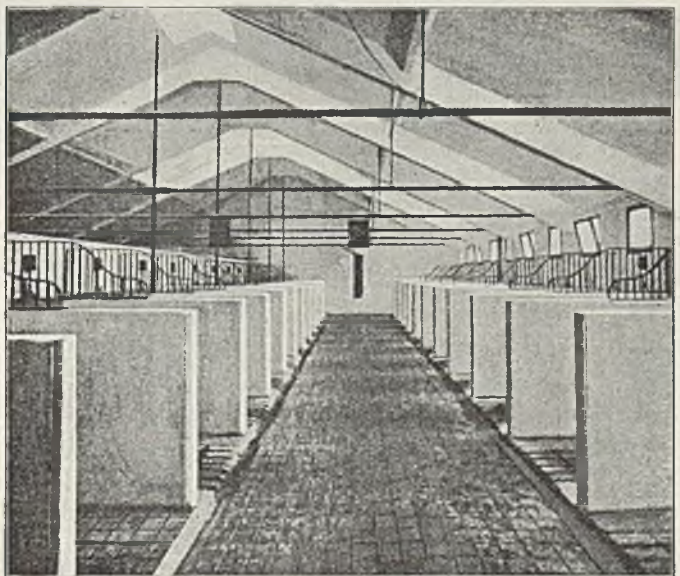


Abb. 33. Innenansicht des Stallgebäudes der Rob. Gair Co., Brooklyn.

Gewisses Interesse beanspruchen auch die Ausführungen für die Viehhürden in Chicago. Hier handelt es sich um Baulichkeiten in einem großen Viehhofe, der nicht

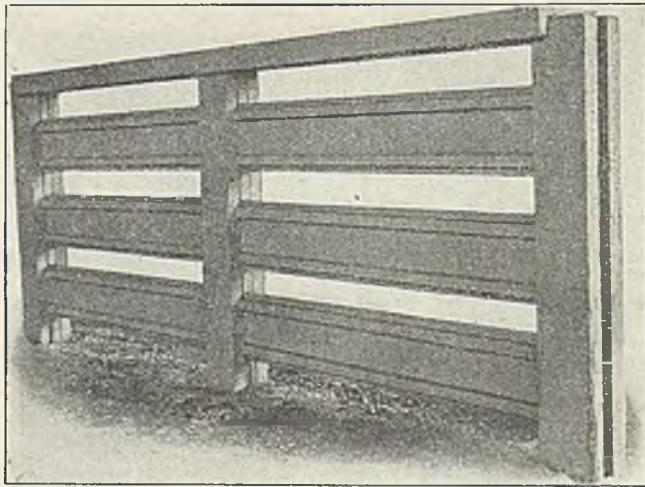


Abb. 34. Eisenbetonzaun der Viehhürden in Chicago.

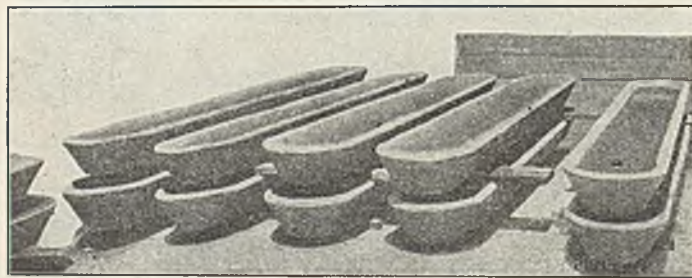


Abb. 35. Wassertröge für die Viehhürden in Chicago.

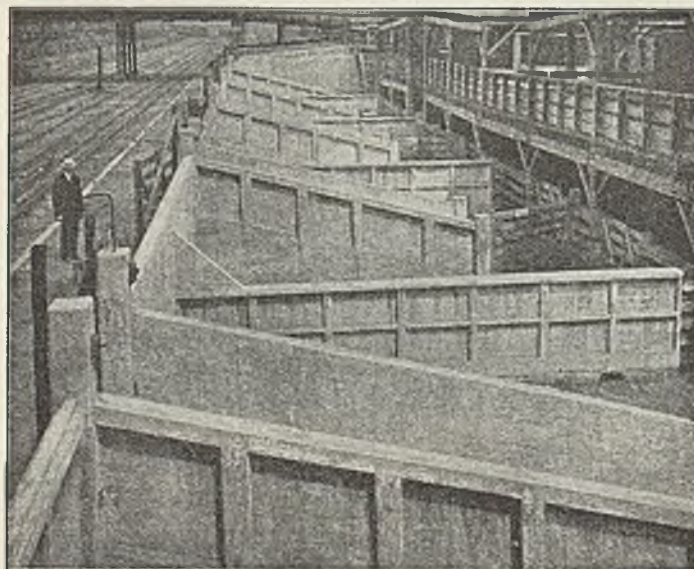


Abb. 36. Viehhürden in Chicago.

überdeckt ist, so daß Herstellung aus Holz infolge der schädlichen Einwirkungen der Atmosphärien ausgeschaltet werden mußten und auch aus dem Grunde, weil die einzelnen Bauteile, insbesondere die Hürden bei andauerndem Gebrauche und bei nicht entsprechendem Material starker Abnutzung ausgesetzt wären. Der ganze Viehhof ist mit einem Eisenbetonzaun abgegrenzt, dessen Konstruktion aus Abb. 34 zu ersehen ist. Die Pfosten, Dielen und Holme sind

in besonderen Formen erzeugt worden, die eine vielfache Verwendung erlauben. Die Dielen sind rund 4,4 cm stark. Auch die Wassertröge (Abb. 35) wurden aus Eisenbeton hergestellt. Sie sind rund 4,9 m lang, 19 cm tief und 4,4 cm stark. Die eigentlichen Hürden zeigt die Abb. 36. Sie sind durchaus monolithisch gebaut; die eingesetzten Platten haben eine Stärke von 6,5 cm. Die Bewehrung der einzelnen Säulen usw. reicht bis in die Fundamente, um eine gute Verbindung aller Teile zu erzielen. Auch hier wurde nur ein einziger Satz von Formen verwendet und dieser immer von neuem benutzt, um die Arbeit ökonomisch zu gestalten. Die ganze Arbeit wurde von ungeschulten Arbeitern durchgeführt.

Die Abb. 37 u. 38 betreffen ebenfalls ein Stallgebäude, das für R. F. Griffith, Haverford, Pa., von O. R. Parry entworfen

wurde.¹⁾ Das Gebäude ist 11,2 m lang, 7 m breit und 3,5 m hoch. Es besitzt eine auf Säulen ruhende Auskrantung von 4,3 m Spannweite. Die Außenmauern wie auch die Abteilungswände sind 15 cm stark und wurden als Monolith konstruiert, d. h. alle Mauern wurden zu gleicher Zeit aufgeführt. Die Fundamente sind 61 cm tief und bestehen aus einer 30 cm starken Mauer. Der Beton hierfür wie für die Mauern und Säulen bestand aus 1 Teil Zement, 2 1/2 Teilen Jersey-Kies und 5 Teilen gebrochenem Stein von 19 mm Größe. Die Arbeit wurde am 18. April begonnen und am 18. Juni vollendet; infolge schlechten Wetters mußte die Arbeit mehrmals eingestellt werden. Zu ebener Erde sind verschiedenartige Ställe angeordnet, die Geschirrkammer und der Wagenraum. Die hier befindlichen Tröge sind ebenfalls aus Beton gemacht. Das obere Geschoß enthält die Wohnung des Stallknechtes und reichlichen Raum für die Stapelung von allerlei Futter. Sämtliche Böden erhielten einen Holzbelag. Die Wände wurden mit Zementmörtel 1 : 1 verputzt. Es wird angegeben, daß die Kosten dieser Ausführung sich nahezu auf die Hälfte derjenigen stellten, die für eine Erbauung in Ziegel oder Stein notwendig gewesen wären.

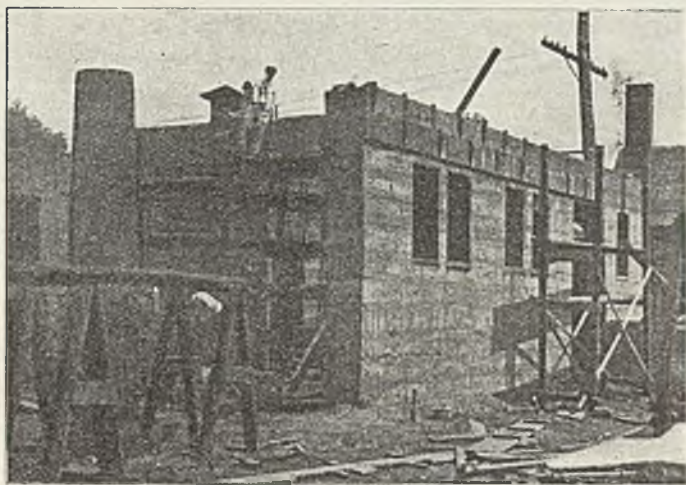


Abb. 37. Stall Griffith, Haverford.



Abb. 38. Stall Griffith, Haverford. Ansicht.

Wie aus den früher beschriebenen Toepfferschen Bauten zu ersehen war, bedient man sich gegebenenfalls mit großem Vorteil der an der Baustelle auffindbaren Materialien, die sich zur Betonbereitung eignen. Aber auch wo solche Materialien nicht vorfindbar sind, ist es oft ökonomischer, auch die Wände der aufzuführenden Gebäude aus Beton und Eisenbeton herzustellen. Hier verursacht nur die ziemlich umständliche Schalung der Wände Unbequemlichkeiten, die man seit einiger Zeit durch Anwendung einfacher Methoden zu verringern trachtet, wobei noch der Umstand mit-spricht, daß man hierbei an Schalungsmaterial selbst zu sparen in der Lage ist. Ein solches Gerüst, das verstellbar eingerichtet ist, zeigen Abb. 39 u. 40, aus denen der Aufbau entnommen werden kann. Zur Verwendung kommen verzinkte Stangen und Riegel a

¹⁾ Cement Age 1907.

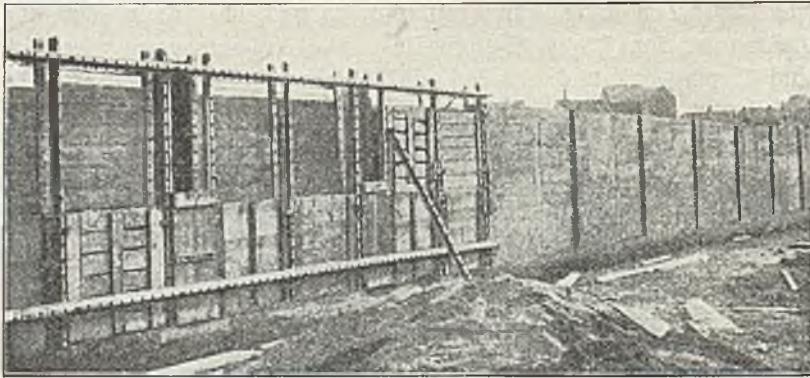


Abb. 40. Schalung für Wände, Ansicht.

und eine hölzerne Schalung *e*, letztere bestehend aus Tafeln verschiedener Breite. Die Stangen sind aus zwei Winkel-eisen hergestellt, die mittels Stehbolzen *b* miteinander verbunden sind. In der Richtung der Mauerstärke sind die Eisen durch ge-

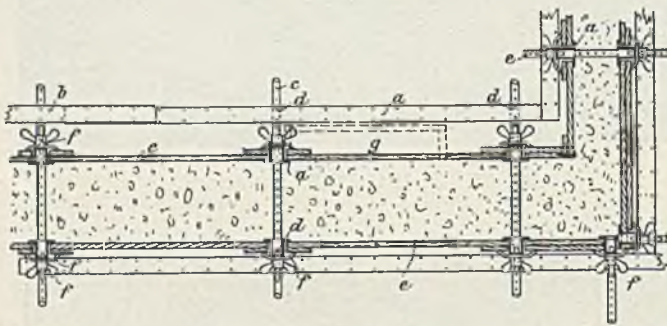


Abb. 39. Schalung für Wände.

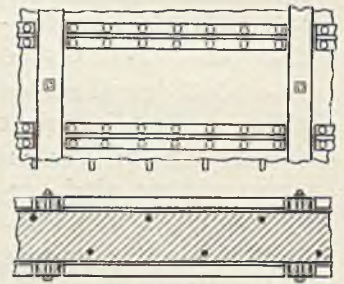


Abb. 41. Schalungstafeln aus Eisen.

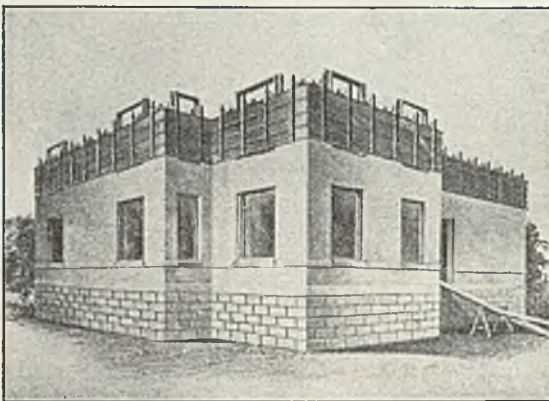


Abb. 42. Schalungsformen aus Eisen in Anwendung.

lochte dünne Rohre im Abstand der gewünschten Mauerstärke miteinander verbunden. Die Klammern und Flügel *f* wirken an den Röhrechen *c* und den an die Winkel angelegten Brettern.¹⁾

Mit derartigen ökonomischen Schalungseinrichtungen beschäftigen sich hauptsächlich die amerikanischen Unternehmer. Einige solcher Vorrichtungen sind nachstehend angeführt. Gewisse Methoden ziehen es vor, statt hölzerner Bretter mehr oder weniger

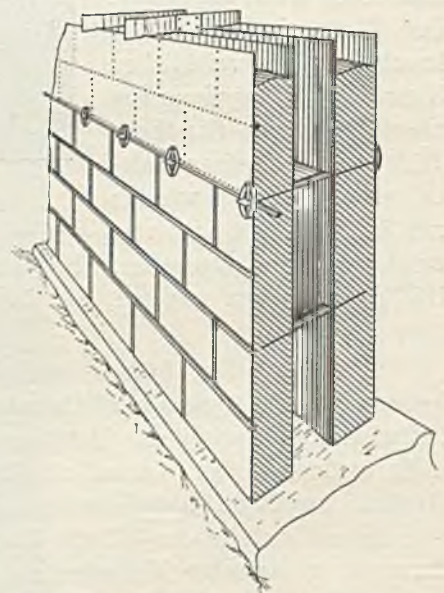


Abb. 43. Schalungsform aus Eisen.

¹⁾ Zement und Beton 1910.

große Tafeln aus Metall zu verwenden, wie sie z. B. Edison für seine Gußhäuser verwenden will (siehe die Abb. 41 u. 42). Die letzte Form (Abb. 43) erlaubt, zwei parallel zueinander laufende Wände zugleich, also Hohlmauern zu erzeugen. Bei dieser Art von permanenter Schalung ist jedoch zu berücksichtigen, daß für die Anschaffung dauerhafter Formen ein größeres Anlagekapital geopfert werden muß, das, um getilgt werden zu können, wieder öftere Verwendung der Formen erfordert.

Abb. 44 bis 48 zeigen den Rinderstall Nr. 19 am Zentral-Viehmarkt in St. Marx. Derselbe ist eingeschossig und bis auf die Außenmauern vollständig in Eisenbeton ausgeführt. Er besitzt eine Länge von 46,80 m, eine Breite von 21 m und ist von Fußboden bis Dachhaut 4,27 m hoch. Der ganze Raum

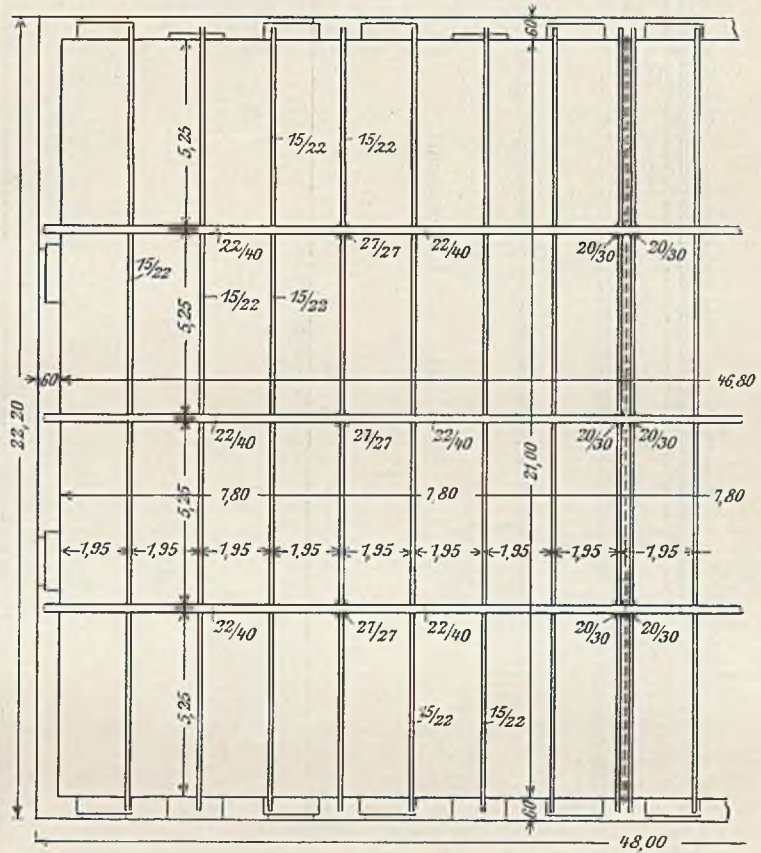


Abb. 44. Grundriß.

ist in drei gleiche Teile geteilt, von denen jeder in der Mitte drei Säulen 27/27 cm mit vier 18 mm-Rundeisen enthält. In der Längsrichtung des Gebäudes laufen über

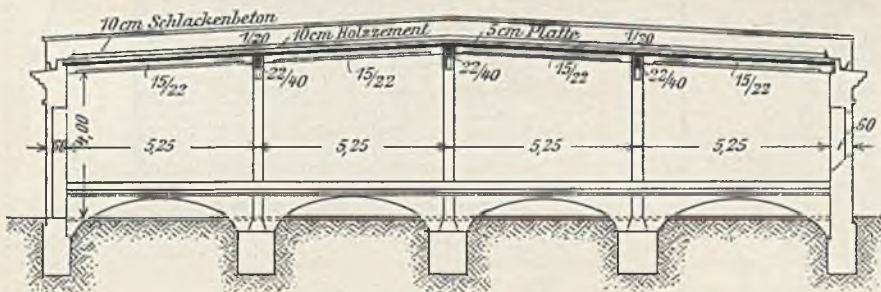


Abb. 45. Querschnitt.

die Säulen die Unterzüge, die im Gebäude mit auf je einem Paar von Säulen 20/30 cm aufruhem. Die Unterzüge sind ohne Platte 40 cm hoch, 22 cm breit und mit 3 R.-E. 30 mm bewehrt. Sie nehmen die 1,95 m voneinander entfernt liegenden, 22 cm hohen, 15 cm breiten Sekundärbalken auf, in die die 5 cm starke Platte eingespannt ist. Diese

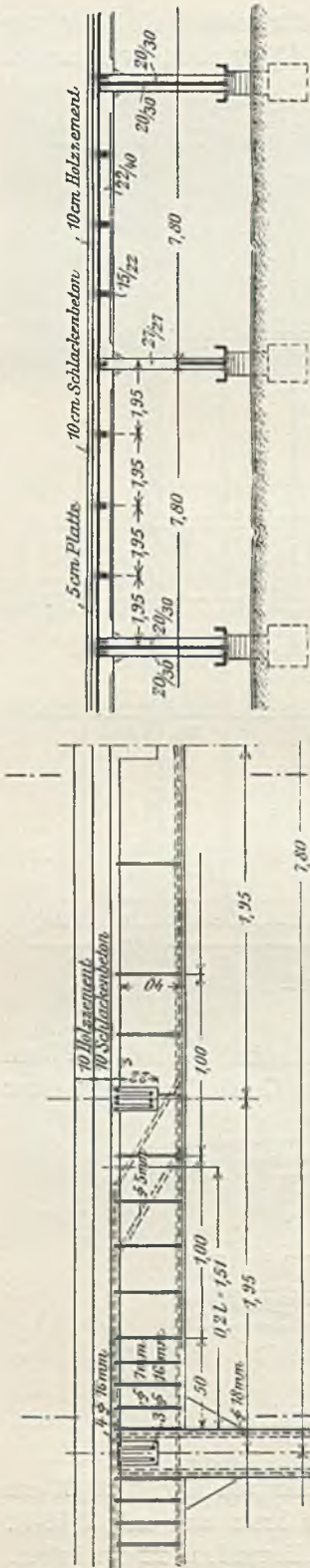


Abb. 46. Längsschnitt.

Abb. 47. Detail.

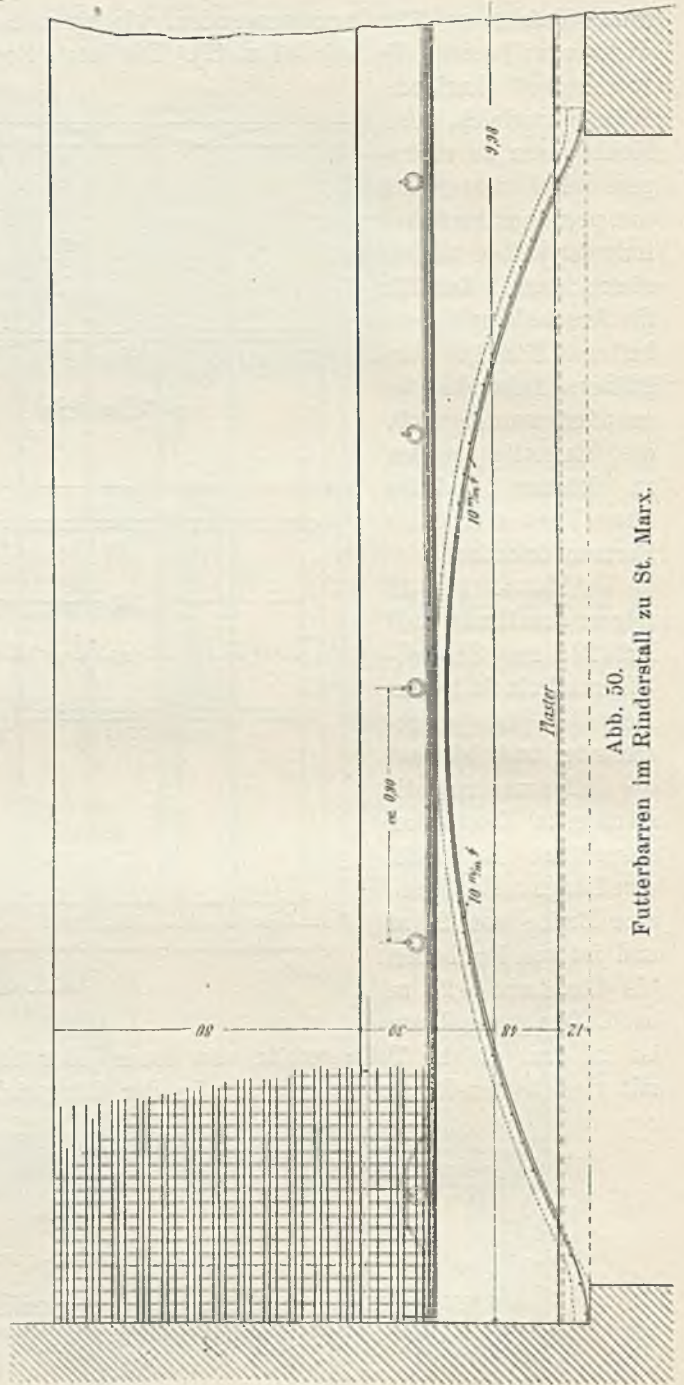


Abb. 50.
Futterbarren im Rinderstall zu St. Marx.

trägt zunächst eine 10 cm starke Schlackenbetonschicht und auf dieser ein Holzzementdach normaler Konstruktion. Zu bemerken ist, daß hier auch die Futterbarren vollkommen in Eisenbeton hergestellt wurden. Die Abb. 49 bis 51 zeigen das Prinzip, wie es bis auf geringfügige

Abweichungen in den Abmessungen in genanntem Stallgebäude durchgeführt wurde. Die Barren ruhen auf Moniergewölben von 0,5 bis 1 m Breite und enthalten eine dementsprechende Anzahl von Rundeisen. Sie können einfach oder doppelt ausgeführt werden; die ersteren erhalten 62 cm, die letzteren 1,16 m Gesamtbreite. Der Rand wird durch ein eingelassenes T-Eisen gebildet, die Befestigung der Ringe erfolgt nach Abb. 50 oder 52 u. 53. Eine andere Anordnung der Barren nach System Monier zeigen die Abb. 54 bis 56. Entwurf und Ausführung erfolgte durch die Firma G. A. Wayss u. Co., Wien.

Etwas abweichend von diesen sind die Futterbarren konstruiert, die für die Artilleriekaserne

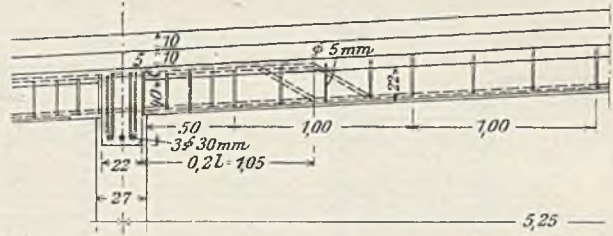


Abb. 48. Detail.

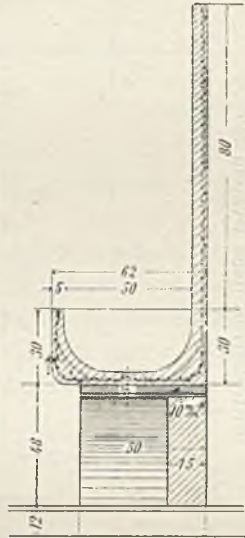


Abb. 49.

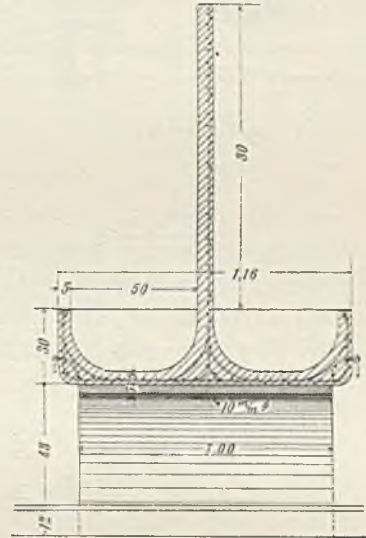


Abb. 51.

Querschnitte der Futterbarren.



Abb. 56. Grundriß.

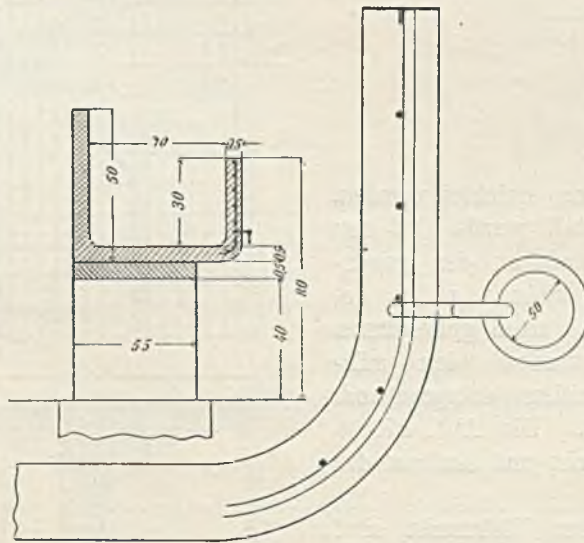


Abb. 52.

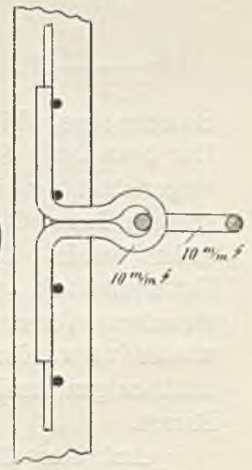


Abb. 53.

Einzelheiten der Befestigung der Ringe.

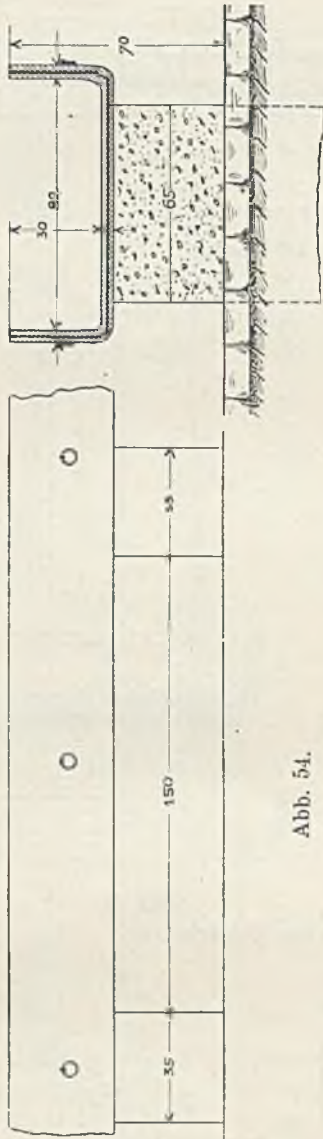
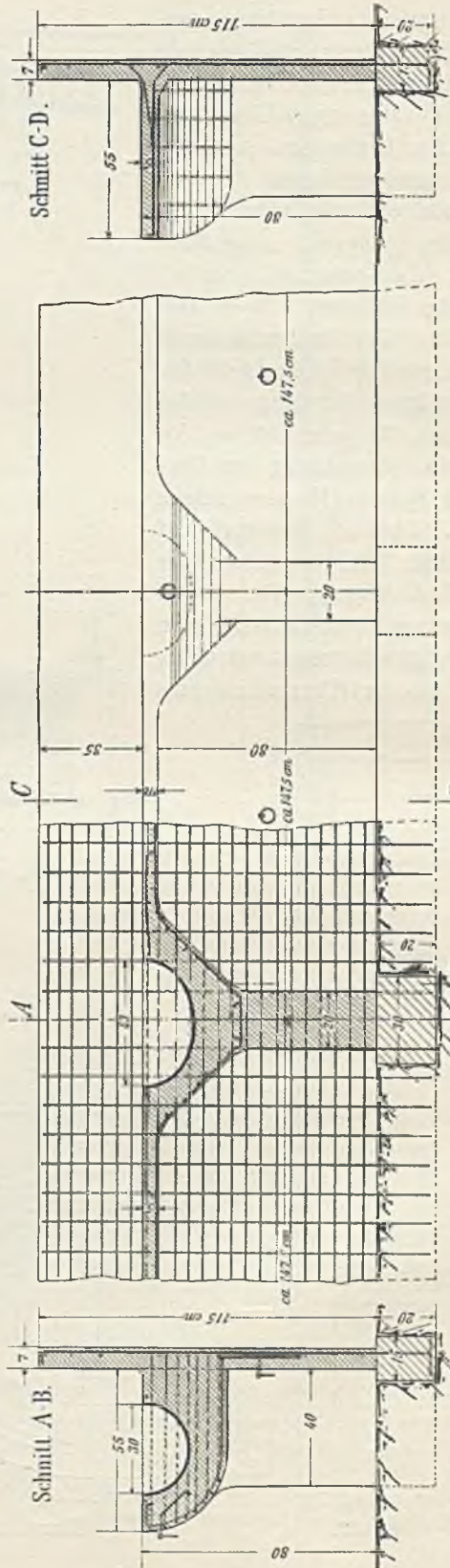


Abb. 55.

Futterbarren nach System Monier.



Abb. 54.



Schnitt C-D.

Schnitt A-B.

Abb. 57 u. 58.

Futterbarren in der Artilleriekaserne Baumgasse, Wien.

Baumgasse, Wien errichtet wurden. Der bestehende Stall wurde bloß neu eingerichtet, so daß an der gegenseitigen Lage der Stände nichts geändert wurde. Die alten gußeisernen Futtermuscheln wurden, den militärischen Vorschriften entsprechend, wieder verwendet. Die Abb. 57, 58 u. 59 zeigen Ansicht und Aufbau der Barren.

Auf demselben Viehmarkt sind von der gleichen Unternehmung Schweinetränken ausgeführt worden,

die in den Abb. 60 u. 61 wiedergegeben sind. Die einzelnen Tränken sind durch Monierwände voneinander getrennt, haben aber ein gemeinsames Wasserzulaufrohr, das nach jeder Tränke abzweigt.

Das zweite Gebäude ist der Pferdestall in Kaarz (Abb. 62 bis 66). Es enthält im Erdgeschoß in zwei Abteilungen Standraum für $6\frac{1}{2}$ Gespanne, gleich 27 Arbeits-

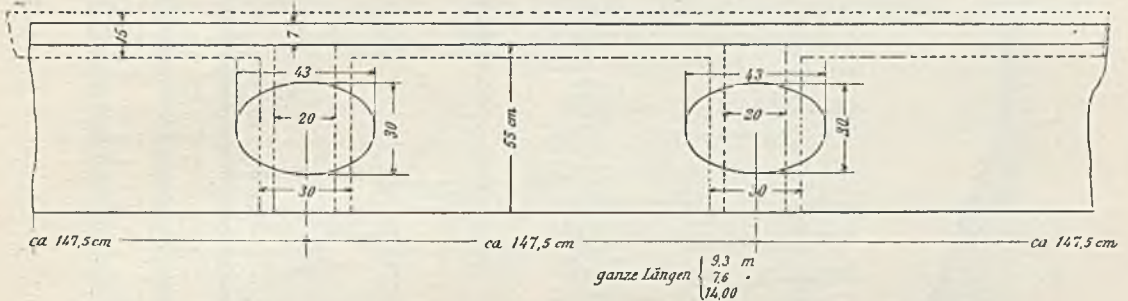


Abb. 59.
Grundriß der Abb. 57 u. 58.

pferden, einen Füllenstall, Knechtekammer mit darin eingebautem Futterschacht; daneben und getrennt davon einen Rademacherschauer und dahinter einen Gastpferdestall. Soweit die Stallräume reichen, ist das Erdgeschoß durchaus massiv, auch mit massiver Decke hergestellt. Im Rademacherschauer ist aus Sparsamkeitsrücksichten und weil Stall-

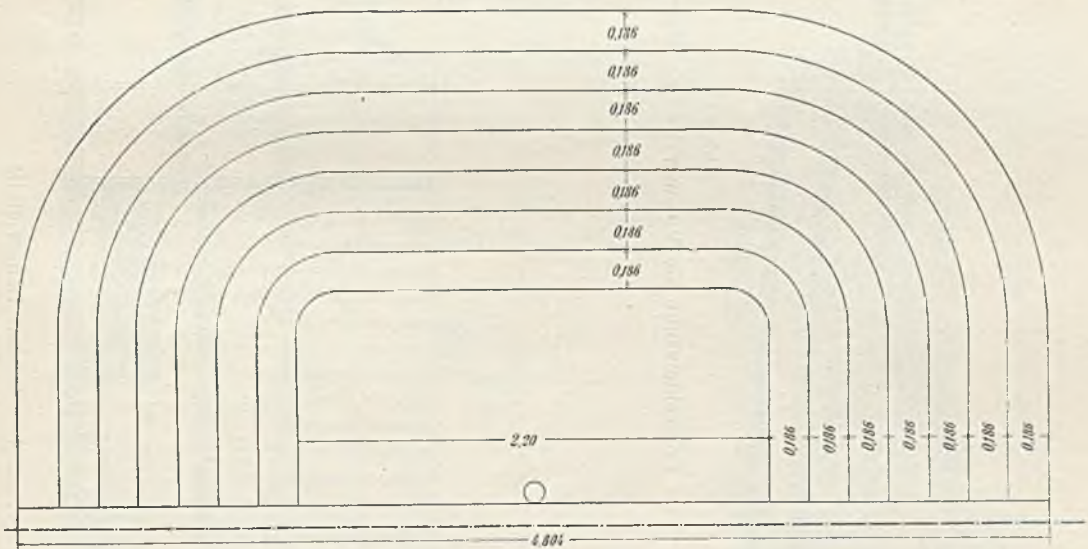


Abb. 60.
Schweinetränke am Viehmarkt zu St. Marx. Grundriß.

dunst hier nicht zu befürchten ist, eine gewöhnliche Balkendecke hergestellt. Die Stalldecken bestehen aus Koenenschen Voutenplatten zwischen schmiedeeisernen I-Trägern auf gußeisernen Säulen.

Die Gespannstände sind für je vier Pferde eingerichtet, von denen je zwei und zwei durch Lattierbäume voneinander getrennt sind; ein Standraum ist für drei Pferde bestimmt. Da in und hinter den Gespannständen Säulen nicht stehen, sondern solche nur auf Gespannstandgrenzen angebracht werden dürfen, ergab sich die Stellung der

Deckenstützen am mittleren Längsgang und die Lage der Träger nach der Tiefe des Gebäudes als die zweckmäßigste Einrichtung. Für die Vouten der Decke wurden damit fast gleiche Spannweiten von 3,3 bis 3,4 m gewonnen. Da im Dachboden Heuvorräte untergebracht werden sollten, wurden als Gesamtbelastung 800 kg für 1 m² angenommen. Für die Decke selbst ergab sich daraus eine Stärke von 10 cm und eine Einlagerung von 16 R.-E. 7 mm Stärke auf 1 m

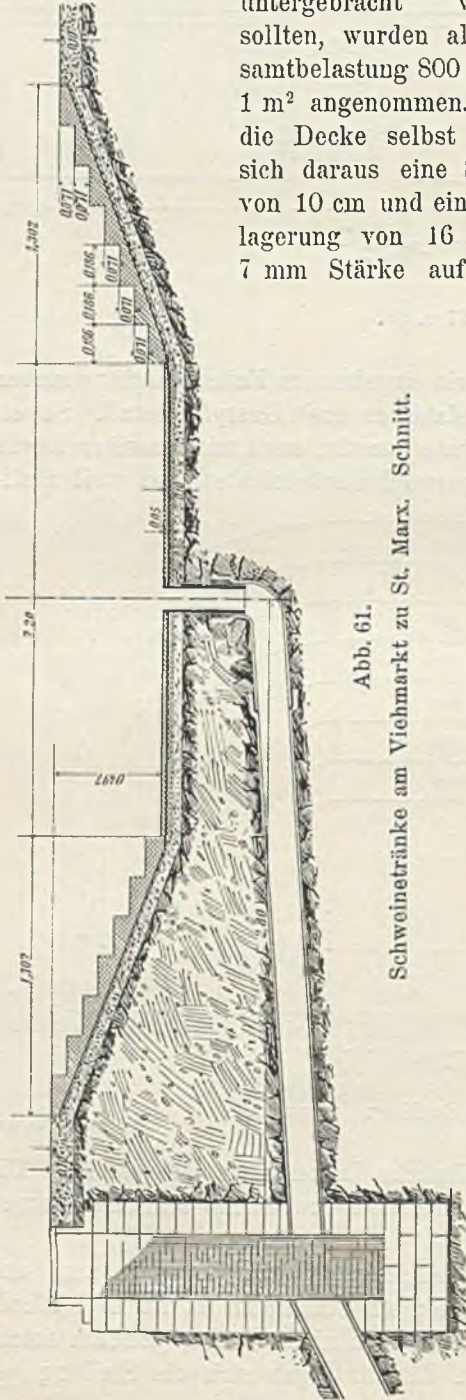


Abb. 61.
Schweinetränke am Viehmarkt zu St. Marx. Schnitt.

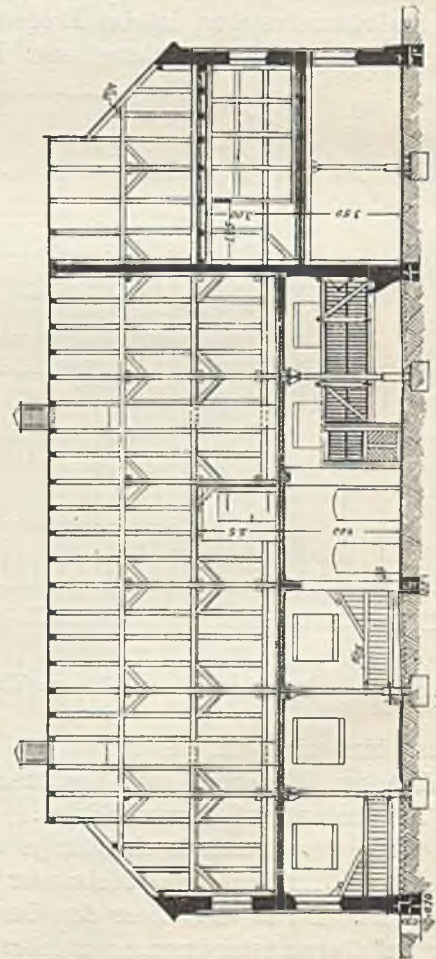


Abb. 62. Pferdestall in Kaarz. Längsschnitt.

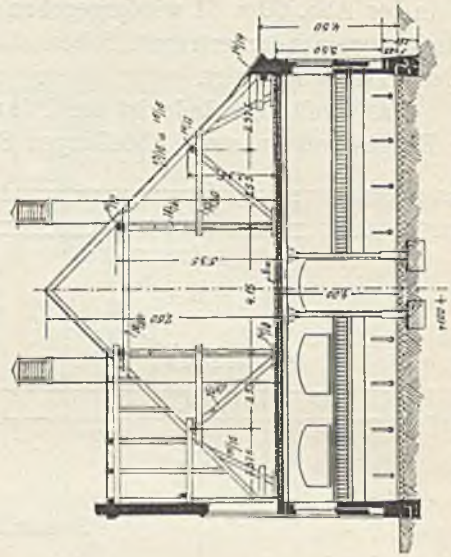


Abb. 63. Pferdestall in Kaarz. Querschnitt.

Deckenlänge. Die Stärke der Träger wurde außer durch die 6 m weite Freilage noch dadurch beeinflusst, daß die Dachkonstruktion nicht so einzurichten war, daß die Säulen die Dachlast unmittelbar aufnehmen konnten. Die Träger hatten daher außer

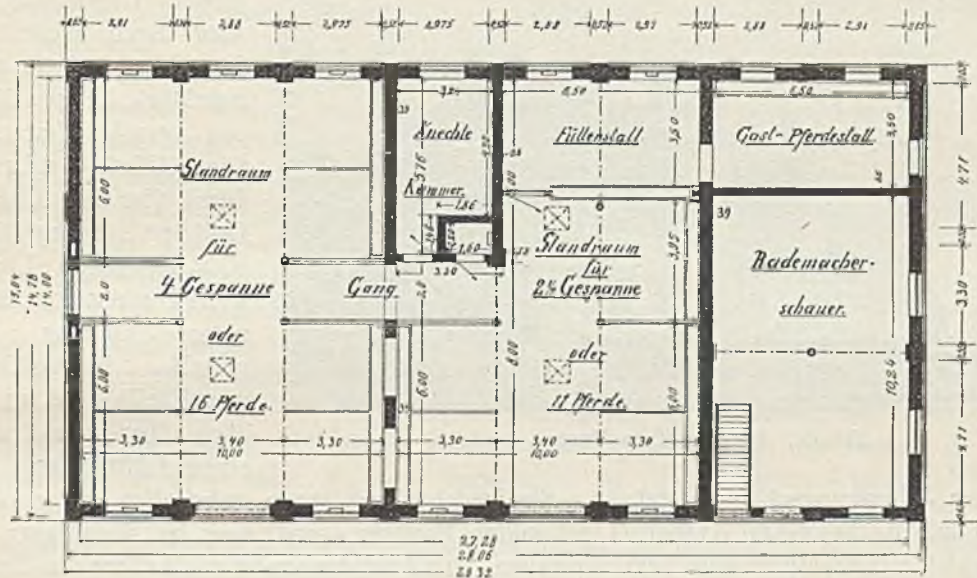


Abb. 64. Pferdestall in Kaarz. Grundriß.

der gleichmäßig verteilten Decken- und Nutzlast noch Einzellasten der Dachständer aufzunehmen. Hieraus ermittelte sich für die Träger das Profil Nr. 42 $\frac{1}{2}$. Die viermalige Verankerung der Träger in der Längsrichtung mit den Mauern und untereinander geschah

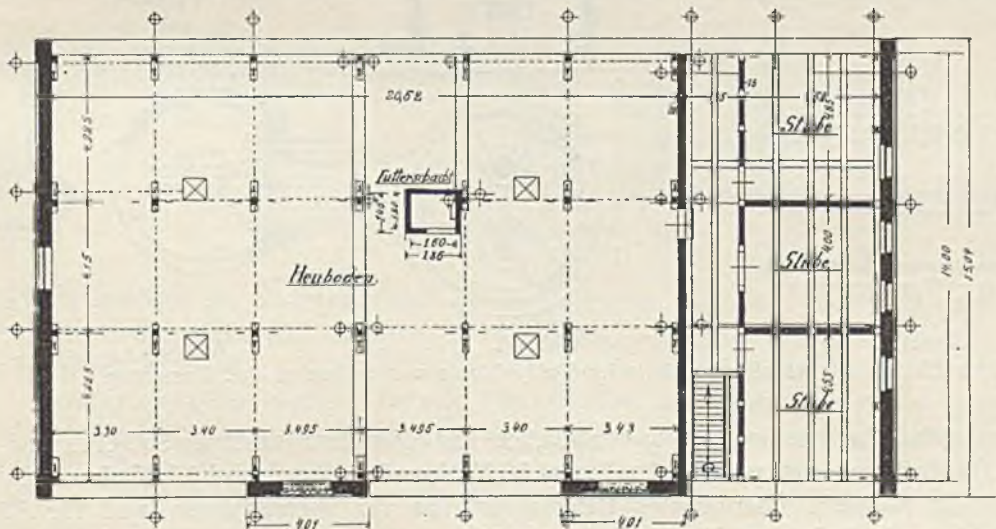


Abb. 65. Pferdestall in Kaarz. Dachboden.

durch Rundeisenstangen von 2,5 cm Stärke, die so hoch angebracht sind, daß sie in der Decke verschwinden. Die ganze Voutendecke wurde oben mit einem 10 cm starken Lehmauftrag übertragen, um Verletzungen der Decke von oben zu verhüten und besonders um einen ausreichenden Wärmeschutz zu erzielen und damit das Tropfen der Decke zu verhüten.

Die Konstruktion des Dachgestüßs besteht aus Schnittholz; das Dach selbst ist mit glasierten Falzziegeln eingedeckt. Besonderes Gewicht wurde auf die ausreichende Lüftung der Stallräume



Abb. 66. Pferdestall in Kaarz. Ansicht.

gelegt. Die frische Luft wird durch Schächte in den Fensterbrüstungen zugeführt, die mit Klappen verschließbar sind. Die Abluft entweicht durch vier bis über die Dachfirst hochgeführte, 80×80 cm im Lichten weite Dunstschlote, deren untere Öffnung auch mittels Drosselklappe verschließbar ist und die oben über Dachfirst in einen Lüftungskopf mit

festen Jalousieverschlügen endigen. Sie bestehen aus innen gehobelten, gespundeten und mit Karbolineum Avenarius getränkten Brettern, sind aber im Bodenraum mit Drahtziegelzementputz feuersicher umgeben. Die Abbildung zeigt das Äußere des Stalles.

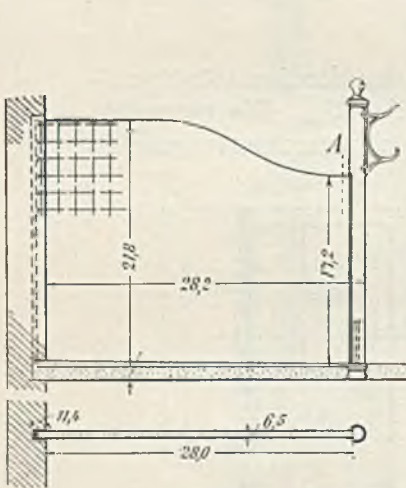


Abb. 67.

Einzelheiten der Abteilungswände im Stallgebäude von Sutton u. Co., Homerton.

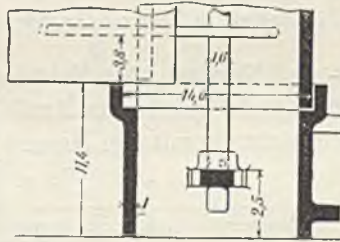


Abb. 68.

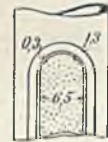


Abb. 70.

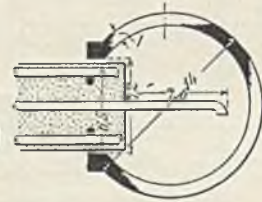
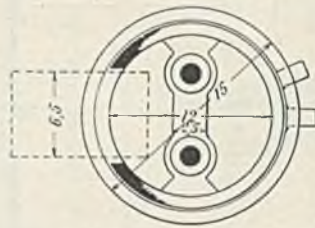
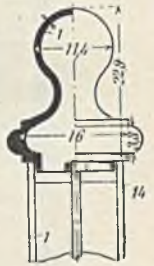


Abb. 69.



Das Gebäude hat eine Grundfläche von $425,9 \text{ m}^2$ und einen Rauminhalt von $3508,7 \text{ m}^3$ und hat 23 000 Mark gekostet, was für 1 m^2 rund 50 Mark und für 1 m^3 rund 6,5 Mark ausmacht.

Ein weiteres interessantes Beispiel ist das für Vorratszwecke und für Ställe errichtete Gebäude der Firma Sutton u. Co., ausgeführt von der Unternehmung F. Bradford u. Co., Homerton, N.-E. Das Gebäude besteht aus Kellerräumen, Parterre und einem weiteren Geschoße nebst Dachboden und ihren Verbindungen.¹⁾

Die Fundamente und Decken sind ganz in Eisenbeton konstruiert. Die Deckenplatten des ersten Geschoßes sind 12,5 cm stark und bestimmt, die Last von

¹⁾ Concr. and Constr. Eng. 1908.

Pferden sowohl wie von Lastwagen größerer Sorte zu tragen, wie sie im Speditionsbetriebe verwendet werden. Diese Decke ruht auf Haupt- und Nebenträgern, die zum Teil mit Verwendung von Walzprofilen hergestellt wurden, und wird getragen von Gußeisensäulen ringförmigen Querschnitts. Die aufeinander stehenden Säulen sind nicht weiter miteinander verbunden, sondern werden nur durch den sie umschließenden Beton ihres First- bzw. Kopfendes in Stellung erhalten. Sämtliche Walzprofile, die als Träger Verwendung fanden, sind vollkommen einbetoniert worden. Die Belastung betrug rund 1000 kg/m² ohne die ständige Last. An manchen Stellen haben die Träger auch noch Ziegelmauern von 23 cm Stärke zu tragen; die zulässige Beanspruchung des Eisens wurde mit 1260 kg/cm² festgesetzt. — Der Beton wurde aus 1 Teil Portlandzement, 2 Teilen Themsesand und 3 Teilen Schotter zusammengesetzt

Die Abteilungswände sind ebenfalls in Eisenbeton ausgeführt in einer Stärke von 6,5 cm (siehe die Abb. 67 bis 70), einer Höhe von 2,15 an der Mauer, 1,70 an den Pfosten und einer Länge von 2,80 m. Ihre Bewehrung besteht aus einem Netz lotrecht und wagerecht gehender, 6,5 mm starker Rundeisen. Die Pfosten werden durch gußeiserne Hohlsäulen von etwa 13 cm Durchm. gebildet, die ausbetoniert sind und auf einem gußeisernen Schuh sitzen, der in der Eisenbetonplatte der Decke, da er ebenso hoch wie diese stark ist, fest eingespannt ist. Diese Decke erforderte zwei Monate zu ihrer Herstellung.

Über der Decke des ersten Geschosses befindet sich der Dachraum, bei dem ebenso wie bei den anderen Geschossen auf Feuersicherheit großer Wert gelegt wurde. Nur bei dem Dache wurde merkwürdigerweise eine Ausnahme gemacht, welches Holzwerk enthält und ein Glasoberlicht auf Eisenträgern besitzt.

Das ganze Gebäude bedeckt eine Fläche von etwa 1370 m².

Während die Decken¹⁾ aller dieser Stallungen die normale Ausführung des Systems Hennebique oder ähnlicher Arten zeigen, bieten die nun folgenden einen merklichen

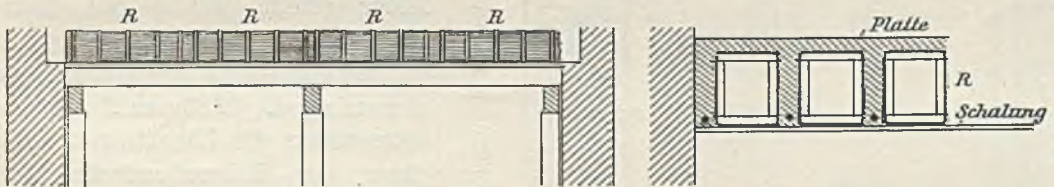


Abb. 71. Rohrzellendecke, System Wayss.

Fortschritt insofern, als sie Decken mit ebener Untersicht enthalten. Diese soll immer angestrebt werden, läßt sich aber bei gewöhnlichen Hennebiquedecken nur auf kostspielige Weise erreichen. Baurat Wayss konstruierte, um diesem Übelstande abzuhelfen, seine Rohrzellendecke, die alle Eigenschaften einer guten Stalldecke in sich vereinigt, die früher aufgezählt wurden. Die Rohrzellen sind vierseitig prismatische Hohlkörper, deren Wände aus Rohrgewebe bestehen, das durch quergestellte innere Holzrahmen versteift wird, an welche das Rohrgewebe mit 0,2 bis 0,3 mm starken Blechbändern angenagelt wird. Diese Rohrzellen werden nunmehr auf einer Schalung in Abständen voneinander verlegt (Längsrichtung in der Stützweite), die der Stegdicke der zu stampfenden Plattenbalkendecke entsprechen. Ist dies geschehen, so werden die Rohrzellenreihen, von denen immer nur drei zugleich versetzt werden, durch Einbringen von kleinen Betonhäufchen in die Stegräume in ihrer Lage fixiert,

¹⁾ s. a. Handbuch für Eisenbetonbau, 2. Aufl., Band IX, in welchem Bände die Deckenkonstruktionen in einem besonderen Kapitel ausführlich behandelt werden.

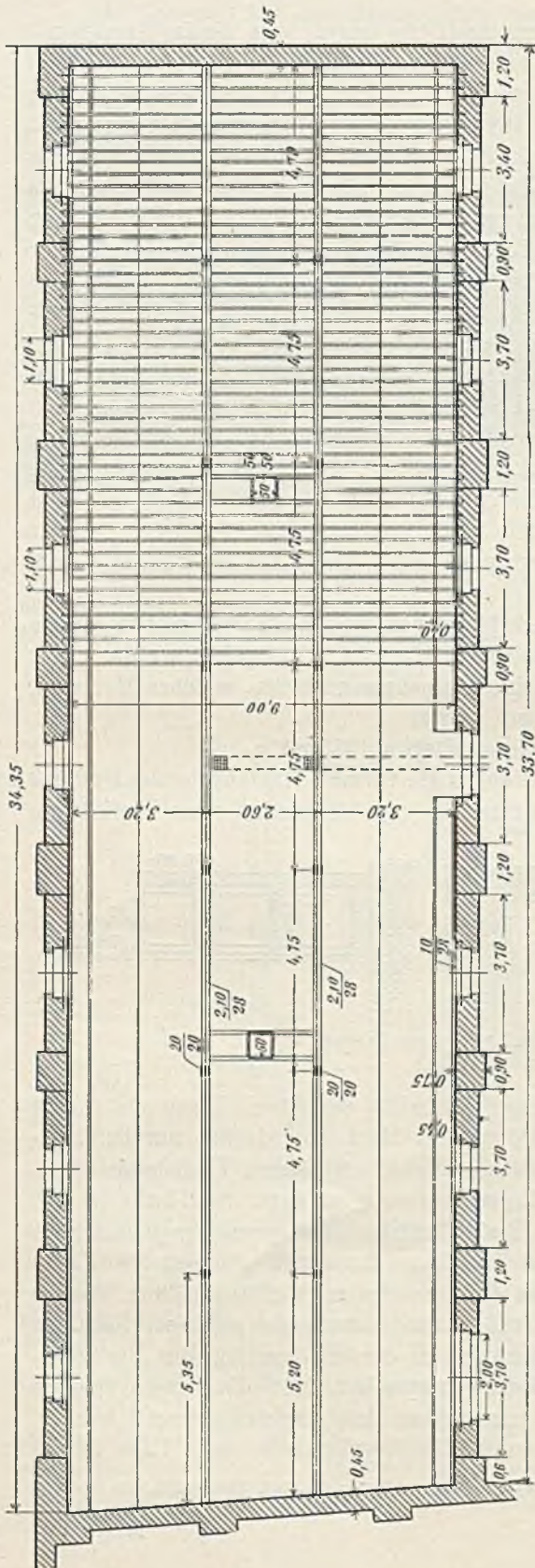


Abb. 72. Stallgebäude der Moserschen Gutsverwaltung, Achau. Grundriß.

dann wird das Eisen, das in jeden Steg kommt, durch Einreiben in diese Betonhäufchen in die richtige Lage gebracht. Nunmehr werden die Stege gut mit Beton ausgestampft und darauf die Platte in der nötigen Stärke regelrecht ausgeführt. Nimmt man nach genügender Erhärtung des Betons die Schalung weg, so hat die Decke, da die Rohrzellen fest am Beton haften, eine ebene Untersicht, die ebenso verputzt werden kann wie jede andere bohrte Decke (Abb. 71). Sie hat aber den Vorteil, daß das Rohr sich nie ablösen und mit dem Putz herabfallen kann. Nach diesem System sind die Decken in dem Stallgebäude der Moserschen Gutsverwaltung, Achau durchgeführt (Abb. 72 bis 74), das die Firma G. A. Wayss u. Co. erbaute. Das Gebäude ist 33,70 m lang und 9 m im Lichten breit. Der ganze Raum ist durch Eisenbetonträger mit Dehnungsfugen in drei Längsfelder geteilt, welche mit Rohrzellendecken überdeckt sind. (In der rechten Hälfte des Grundrisses eingezeichnet.) 12 Säulen 20 × 20 cm unterstützen die Längsträger. Die Stege der Rohrzellendecke sind 25 cm von Mitte zu Mitte entfernt und mit der Platte 28 cm hoch.

In der gleichen Ausführung wurde das Stallgebäude Rannersdorf durch dieselbe Unternehmung errichtet (Abb. 75 bis 77). Dieses Gebäude hat zwei Flügel; in dem einen sind zehn Stände für Ochsen (IIIa und IIIb), dann Futter- und Geschirrkammern (IV) vorgesehen, im großen Stall (Va und Vb) 50 Pferdestände, dazwischen eine Abteilung für Futtermittel. An diesen Teil schließen sich ein Haferlager, ein Raum für die Stallwache, eine Geschirrkammer (I) und schließ-

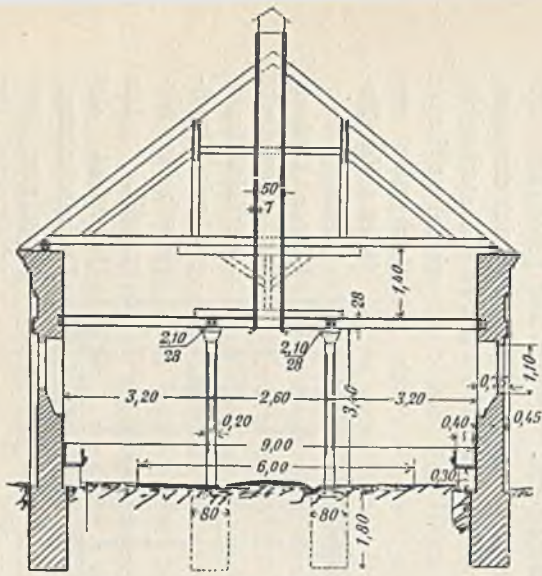


Abb. 73.

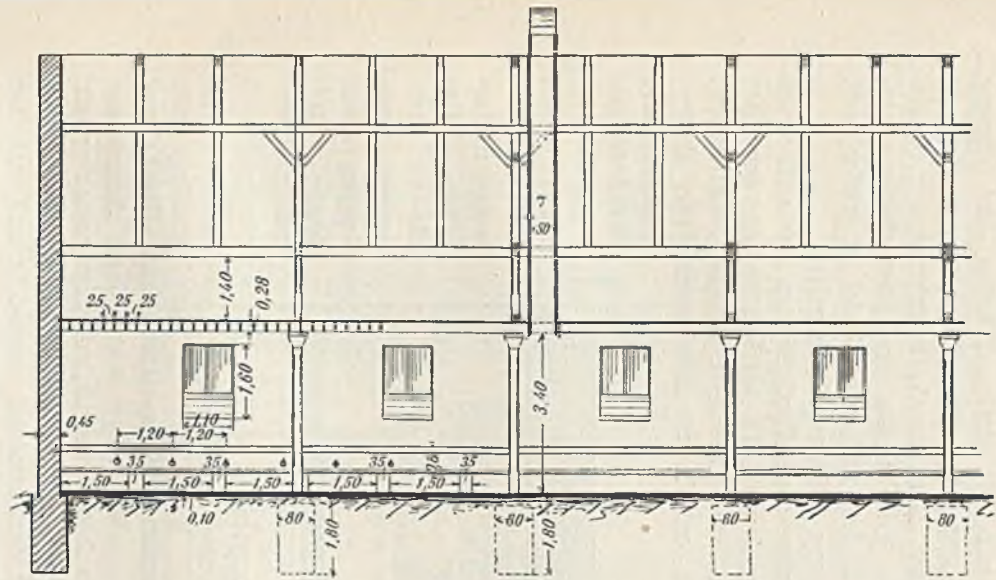
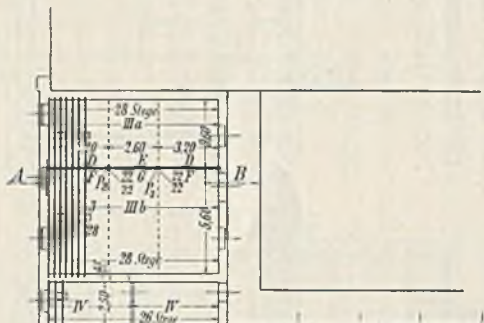
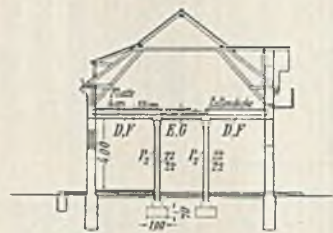


Abb. 74.

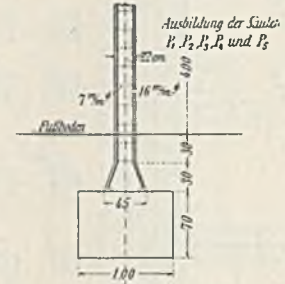
Querschnitt und Längsschnitt des Stallgebäudes der Moserschen Gutsverwaltung, Achau.



Schnitt A-B



Grundriß



Ausbildung der Säule
K, P₁, P₂, R und P₃

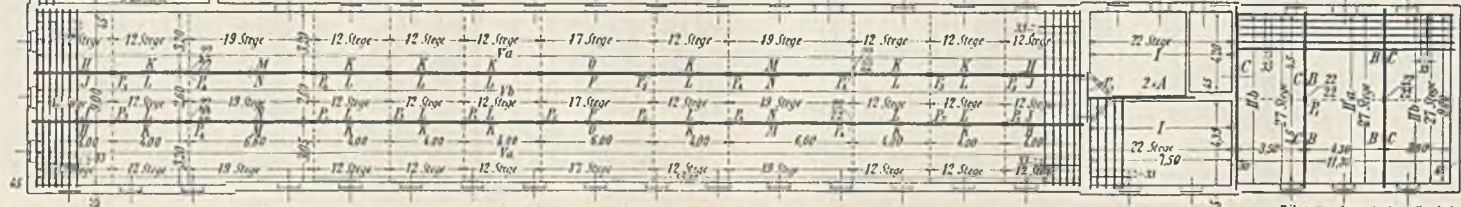


Abb. 75, 76 u. 77. Stallgebäude in Rannersdorf.

----- Dilatationsfugen in den Zellendecken
(2 Stge. nebeneinander)

15°

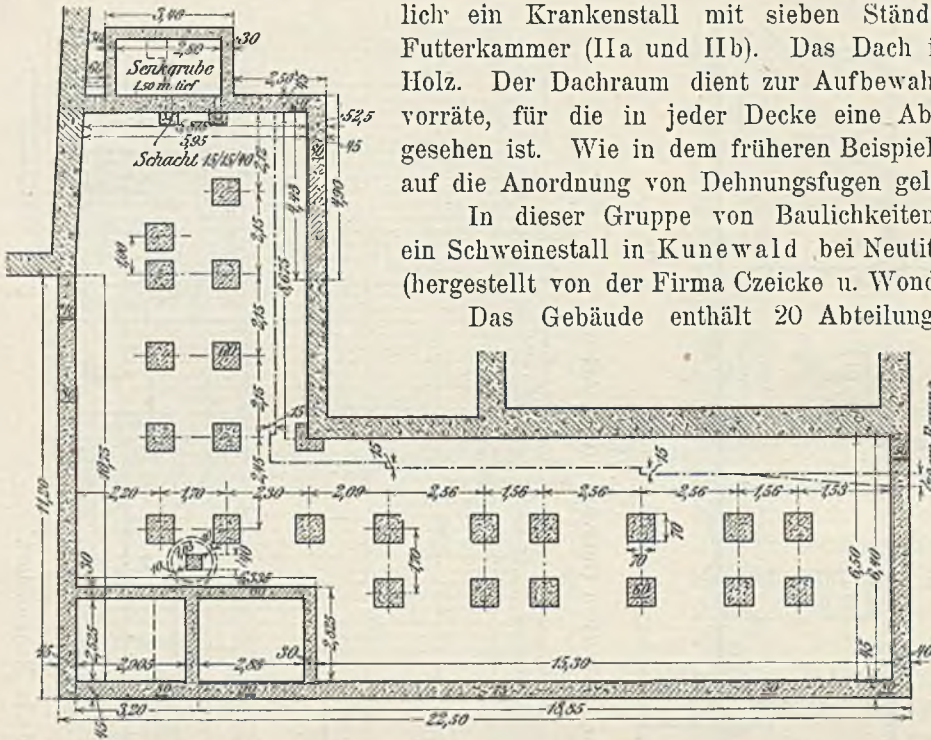


Abb. 78. Stall in Kunewald (Fundamentplan).

lich ein Krankenstall mit sieben Ständen und eigener Futterkammer (IIa und IIb). Das Dach ist auch hier aus Holz. Der Dachraum dient zur Aufbewahrung der Futtervorräte, für die in jeder Decke eine Abwurföffnung vorgesehen ist. Wie in dem früheren Beispiel ist großer Wert auf die Anordnung von Dehnungsfugen gelegt.

In dieser Gruppe von Baulichkeiten sei auch noch ein Schweinestall in Kunewald (bei Neutitschein) angeführt (hergestellt von der Firma Czeicke u. Wondra, Neutitschein).

Das Gebäude enthält 20 Abteilungen für Mutterschweine und eine Abteilung für Jungschweine nebst Futterkammer und Futterküche. Um die in derartigen Stalungen sehr häufig auftretenden Seuchen möglichst zu verhüten, mußte eine

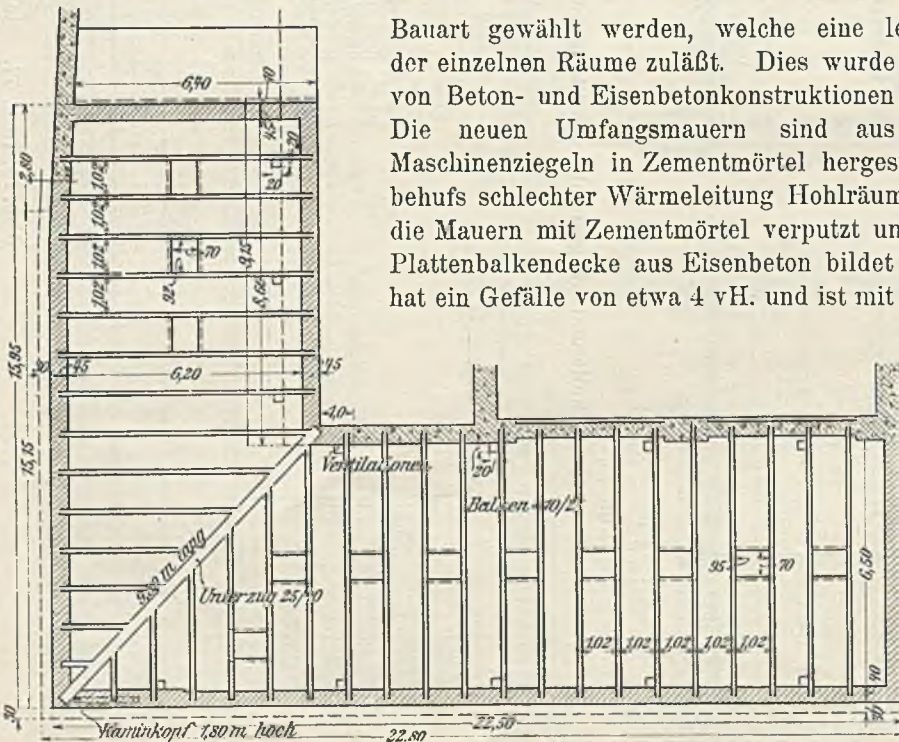


Abb. 79. Stall in Kunewald (Deckengrundriß).

Bauart gewählt werden, welche eine leichte Reinhaltung der einzelnen Räume zuläßt. Dies wurde durch Anwendung von Beton- und Eisenbetonkonstruktionen am besten erzielt. Die neuen Umfangsmauern sind aus scharfgebrannten Maschinenziegeln in Zementmörtel hergestellt und enthalten behufs schlechter Wärmeleitung Hohlräume. Von innen sind die Mauern mit Zementmörtel verputzt und geschliffen. Die Plattenbalkendecke aus Eisenbeton bildet zugleich das Dach, hat ein Gefälle von etwa 4 vH. und ist mit zwei übereinandergeklebten Lagen

Dachpappe gedeckt. Zur Be-

lichtung der Räume sind in der Dachdecke Oberlichtöffnungen mit Drahtglasscheiben hergestellt. Die Untersicht der Dachdecke ist mit Gipsdielen verschalt, und der

dadurch entstandene Hohlraum zwischen den Rippen bewirkt gleichfalls eine schlechte Wärmeleitung. Die Lüftung des Stalles geschieht durch 12 Stück über Dach führende regulierbare Schlotte aus Zinkblech. Die Abteilungswände sind aus 6 cm starken und 25 cm breiten Eisenbetondielen, welche einerseits in das Mauerwerk und andererseits in die 20 × 20 cm starken Eisenbeton-

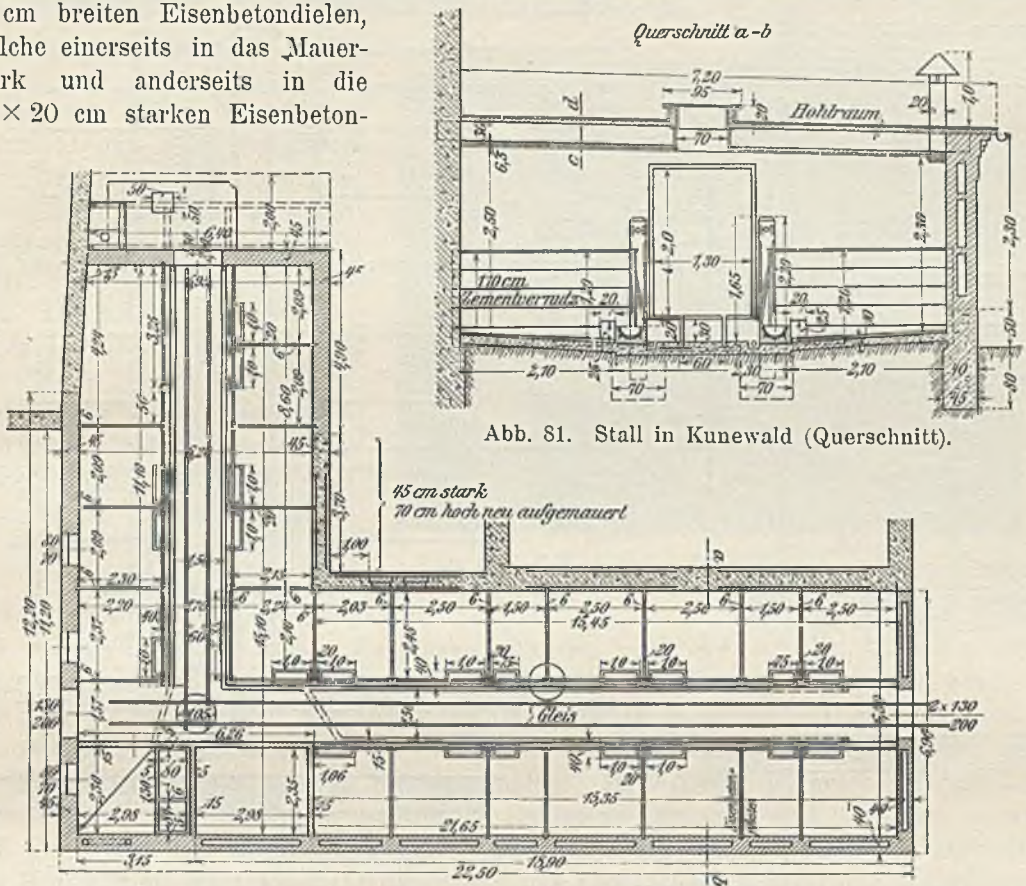


Abb. 81. Stall in Kunewald (Querschnitt).

Abb. 80. Stall in Kunewald (Raumausteilung).

säulen eingeschoben sind, hergestellt und können nach Bedarf jederzeit leicht entfernt werden.

Die Pflasterung besteht aus 10 cm starkem Beton, der mit starkem Gefälle gegen den Gang gelegt ist, und wird über die Zeit der strengen Kälte mit hierzu eigens angefertigten Holzrosten belegt.

Die Futterkrippen sind aus Steinzeug und wurden so angebracht, daß die Fütterung, ohne die Abteilungen betreten und ohne eine Tür öffnen zu müssen, vor sich gehen kann.

Alle notwendigen Abmessungen sowie Einzelheiten des Baues können aus den Abb. 78 bis 82 entnommen werden.

Zum Schlusse dieser Art der Bauherstellung seien einige Beispiele für die Anordnung von Ställen verschiedener Art gegeben, wie sie die Firma Ed. Ast u. Co., Wien, vorschlägt. Die Abb. 83 bis 86 zeigen die allgemeine Anordnung dieser Bauweise, Abb. 87 das Bild eines nach diesen Bauweisen ausgeführten Pferdestalles der Sicherheitswachkaserne im Prater zu Wien.

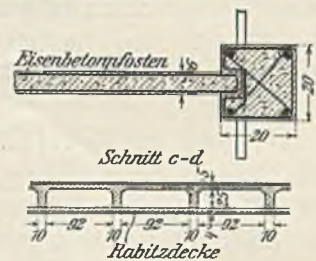


Abb. 82. Stall in Kunewald (Einzelheiten).

Der in den Abb. 88 bis 93 dargestellte Schweinestall hat eine Länge von 31,4 m bei einer Breite von 9 m, erbaut von Josef Schustler, Budapest. Die Konstruktion ist

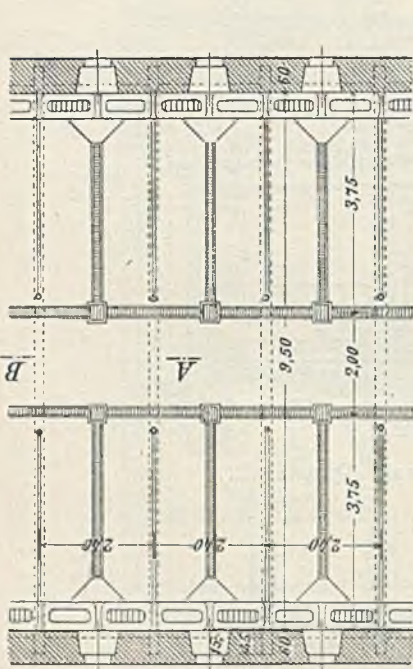


Abb. 83. Typ für einen Pferdestall.

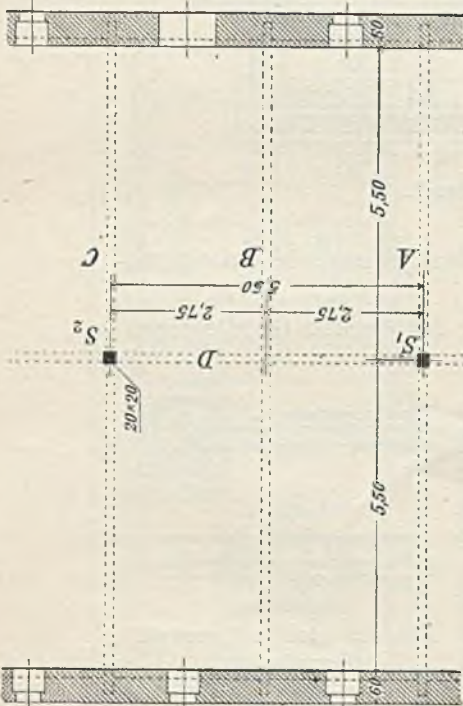


Abb. 84. Typ für einen Schafstall.

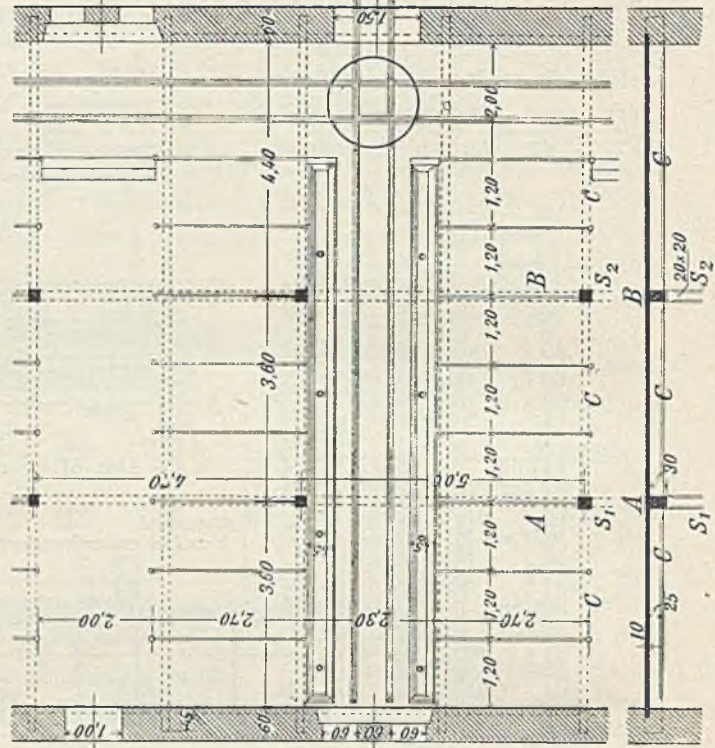


Abb. 86. Typ für einen Rindviehstall mit Querreihen.

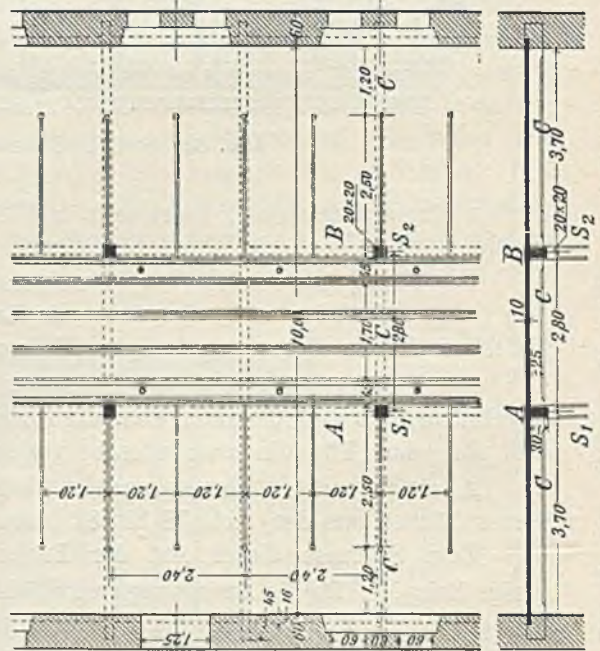


Abb. 85. Typ für einen Rindviehstall mit Längsreihen.

aus dem Grundriß und den beigegebenen Details deutlich zu entnehmen. Eine wesentlich andere Art der Deckenherstellung zeigen die folgenden Fälle, bei denen das System

Visintini zur Anwendung gekommen ist. Wie an anderer Stelle dieses Buches ausführlich auseinandergesetzt wurde (Bd. IV, Teil 1), ist ein Visintiniträger ein Fachwerkträger, der unter Zuhilfenahme passender Modellkerne aus weichem Beton hergestellt wird, in den an passender Stelle Eisenstäbe eingelegt werden. Werden solche Träger wie Dübelpfeiler Mann an Mann verlegt, so ergeben sie eine Decke mit ebener Untersicht, die nicht nur leicht, tragfähig und feuersicher ist, sondern durch ihre Lufträume isolierend wirkt und sich außerordentlich warm und tropfsicher erwiesen hat. Die beim Nebeneinanderlegen der Träger sich ergebenden Nuten werden vergossen und sichern so die gemeinsame Wirkung aller Träger unter dem Einfluß der Last. Der Gitterträger wird nach den Gesetzen der Statik konstruiert, und der Berechnung in Zahl und Querschnitt entsprechende

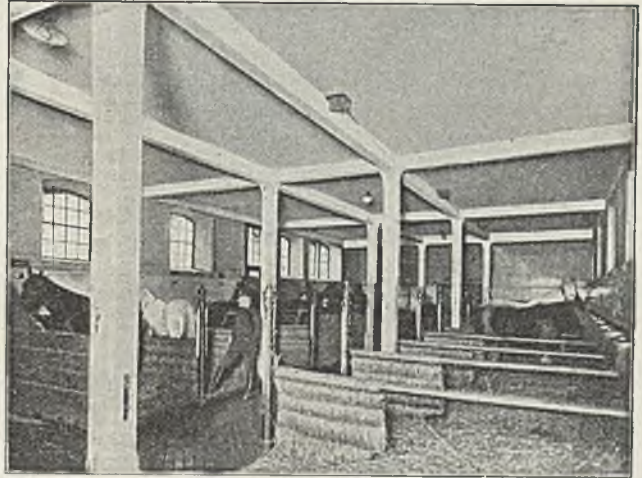


Abb. 87. Sicherheitswachkaserne im Prater zu Wien.

Eiseneinlagen werden in alle Zugglieder eingelegt, während die Druckkräfte durch den Beton allein aufgenommen werden. Das Eisen im oberen Druckgurt hat nur den Zweck, die Einlagen der Diagonalstäbe besser zu verankern. Durch eine solche Konstruktion ist es möglich, im Vergleich mit anderen Eisenbetonkonstruktionen an Material zu sparen, was die Kosten ermäßigt. Diese Decke ist besonders dann am Platze, wenn es von Vorteil ist, fertige Balken zu versetzen, also nicht erst an Ort und Stelle Einschalung und Stampfarbeit zu leisten. Die Träger können dann entweder am Bauplatz an einer freien Stelle erzeugt und nach erfolgter Erhärtung hochgezogen und verlegt werden, oder sie werden bereits fertig vom Materialplatz des Unternehmers zur Baustelle transportiert. Über die Herstellung der Visintiniträger, die sich bisher überall bewährt haben, wurde in Band IV, Teil 1 dieses Handbuches berichtet. Abb. 94 zeigt eine Visintinidecke, wie sie bei einem Stallbau vom Baumeister Mrasek in Liesing verwendet wurde. Die Spannweite beträgt 8,60 m, die Belastung 500 kg/m². Die Decke ist durch keine Säule unterstützt und trägt die darauf geschütteten Futtervorräte. Eine Besichtigung nach mehr als einjährigem Bestand, die der Niederösterreichische Landwirtschaftliche Verein unternahm, ergab, daß selbst bei einer Außentemperatur von -18°C . die Decke vollkommen trocken war.

In Abb. 95 sind die Träger des Stallbaues in Capitania zu sehen. Ihre Spannweite beträgt 8,60 m, ihre Höhe 32 cm. Das Bild zeigt die Erzeugungsstelle der Träger. Wegen ihrer großen Spannweite werden sie mit ihren Enden auf kleine Wagen gehoben, um so leichter transportiert werden zu können. Man sieht auf dem Bild die fertiggestellten Träger. Weiter vorn sind Träger zu sehen, bei denen die Kerne bereits teilweise herausgezogen wurden, und schließlich einige Träger hintereinander, die schon umgekippt sind und abtransportiert werden können. Ein Träger ist bereits auf Wagen gestellt.

Beim Bau des Gewächshauses in Sagrado (Abb. 96 u. 97) wurden die Visintini-

träger in 80 cm Entfernung voneinander verlegt und dazwischen eine Platte von 4 cm Stärke gespannt, die aus vorher fertiggestellten Teilen zusammengesetzt wurde. Die

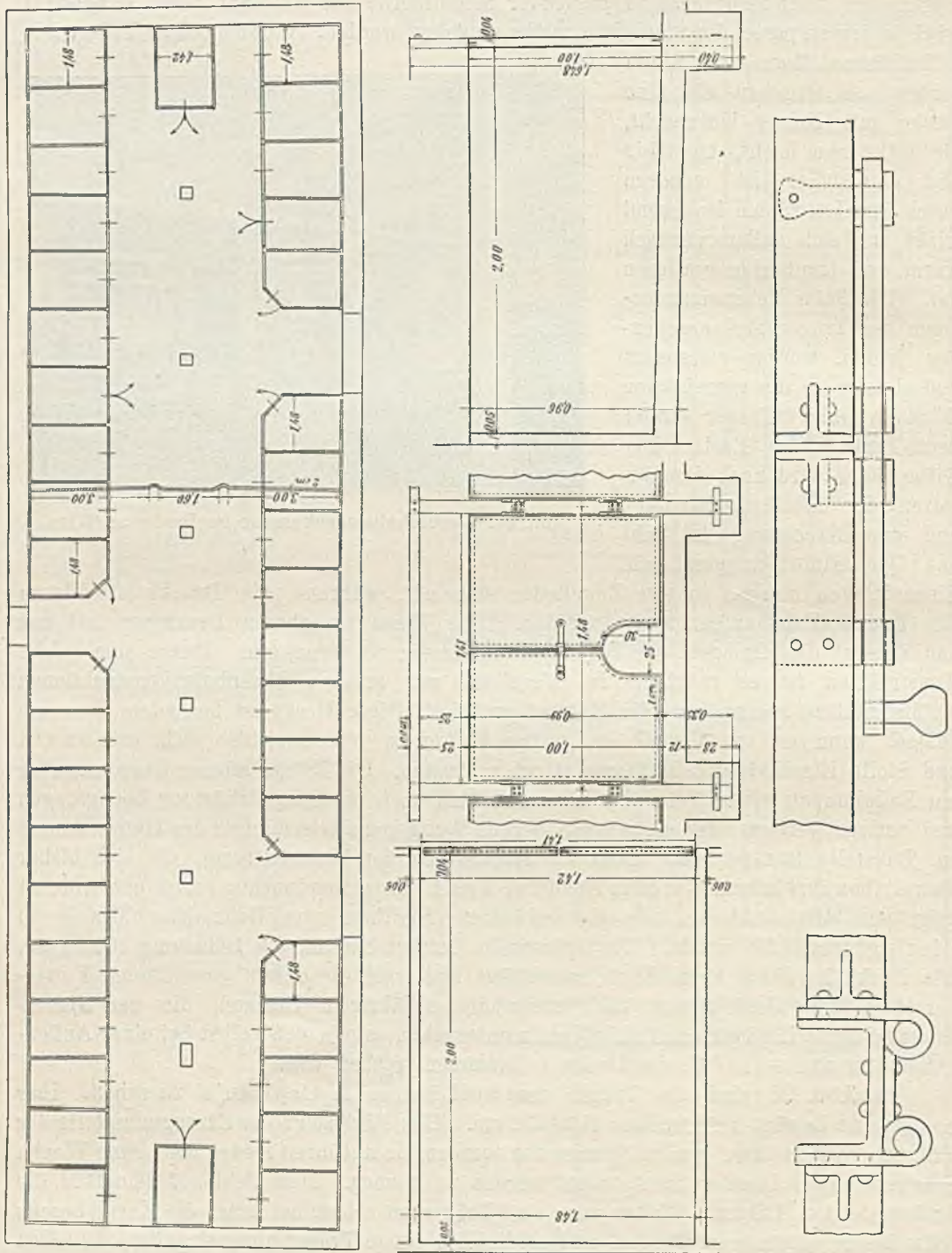


Abb. 88 bis 93. Schweinestall samt Einzelheiten.

Spannweite der Träger ist 5,10 m; die Decke wurde für eine Belastung von 430 kg/m² berechnet. Nach Fertigstellung wurde die ganze Decke einer Übernahmeprobe mit

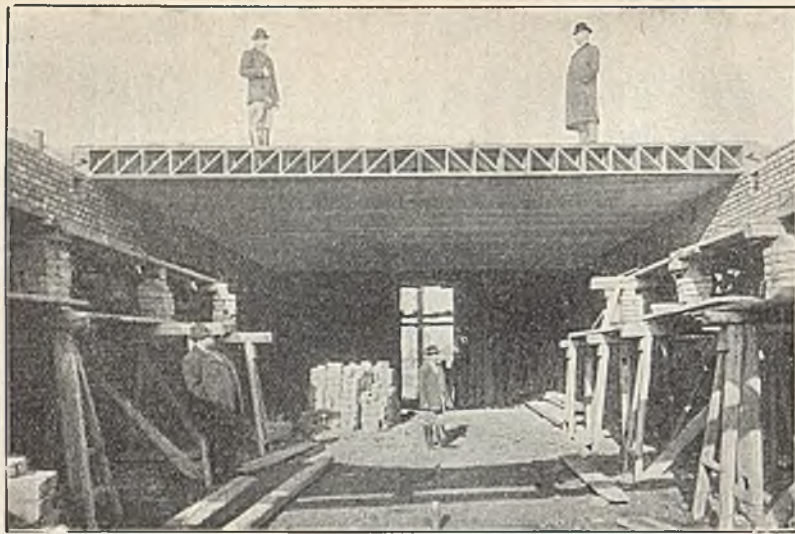


Abb. 94. Stallbau in Liesing.

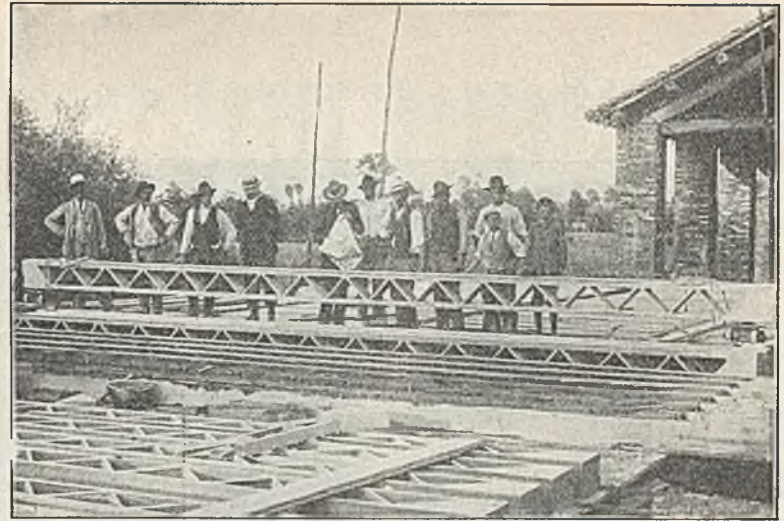


Abb. 95. Stallbau in Capitania.

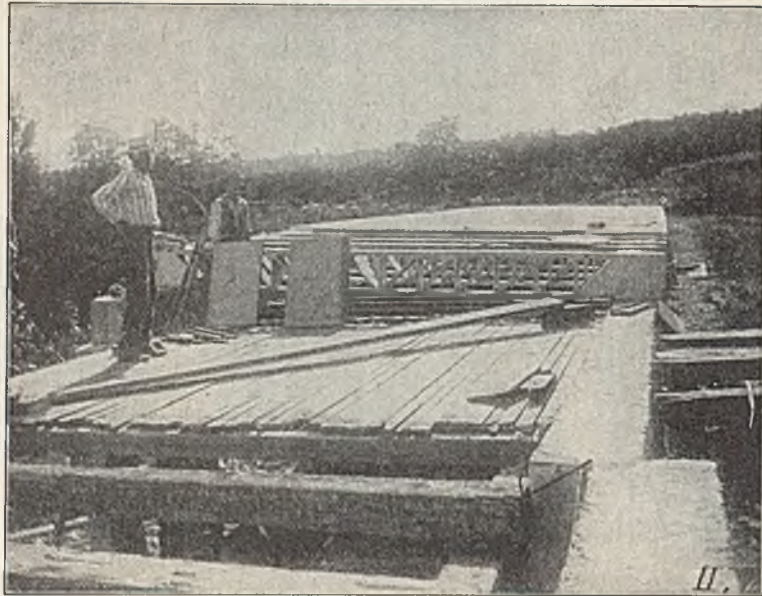


Abb. 96. Gewächshaus in Sagrado.

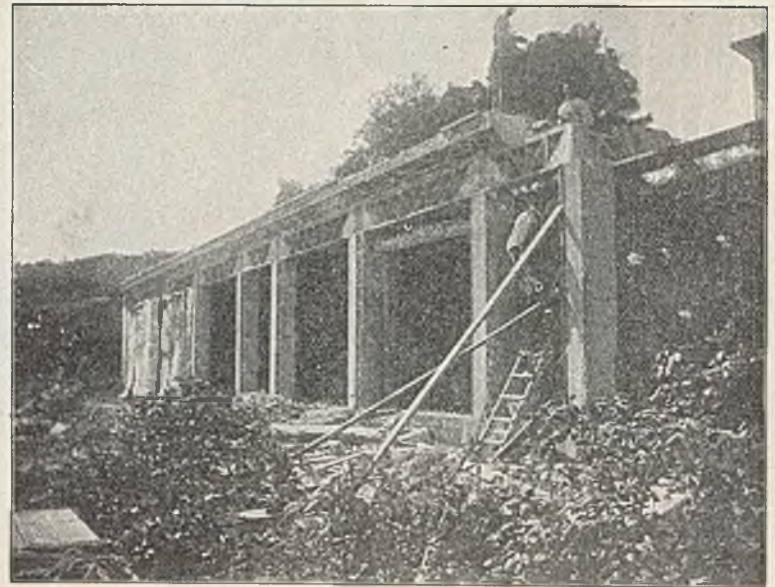


Abb. 97. Gewächshaus in Sagrado.

1½-facher Nutzlast unterzogen und zeigte keine merkbare Durchbiegung. Die Deckenbalken kragen, wie Abb. 97 zeigt, gesimsartig über die Front aus und ruhen hier auf Unterzügen des gleichen Systems von 41 cm Höhe und 20 cm Breite.¹⁾ Die früher

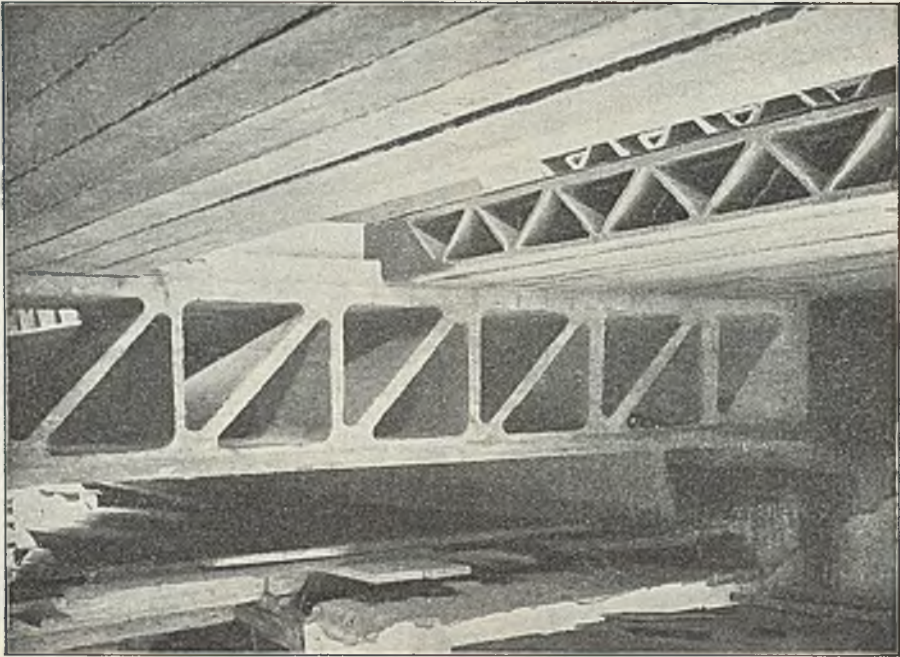


Abb. 98. Flaschenkeller im Brauhaus Liesing.

hervorgehobenen Vorzüge des Systems Visintini haben auch seine Anwendung in dem folgenden Falle bewirkt, in dem es sich um einen Flaschenkeller in Liesing handelte (Abb. 98). Der Raum hat eine Größe von $12 \times 12,5$ m und wird durch einen Unterzug von 12 m Spannweite in zwei gleiche Felder geteilt. Zwischen diesem Unterzug und

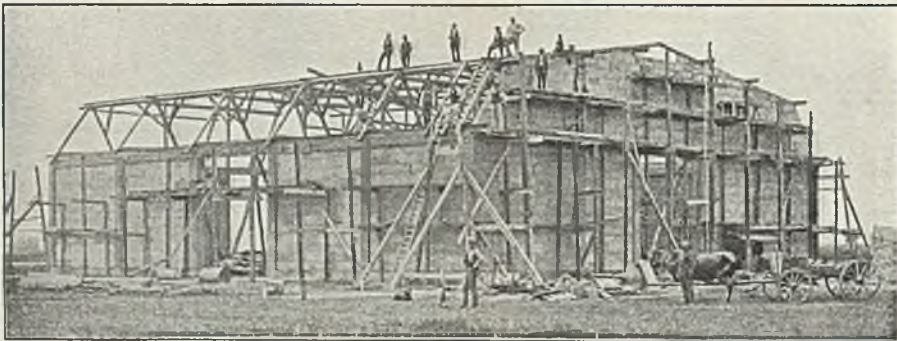


Abb. 99. Feldscheune bei Delitzsch.

den Mauern sind die Deckenträger (6 m) eingelegt, die für eine Nutzlast von 700 kg/m^2 berechnet wurden. Der Unterzug übernimmt nicht nur die Last der Decke ($72\,000 \text{ kg}$), sondern trägt auch eine durch zwei Stockwerke gehende, 45 cm starke Mauer von

¹⁾ Siche B. u. E. 1907, Heft I.

61 000 kg Gewicht. Im Raume unterhalb der Decke werden Flaschen mit heißem Wasser gewaschen. Trotz der sich hierbei entwickelnden Wasserdämpfe zeigt die Decke niemals Schweißwasserbildung, ein Vorzug, den eine im Nebenraum befindliche, denselben Umständen ausgesetzte Decke anderer Bauweise nicht aufzuweisen vermag.

Auch dort, wo die eben erwähnten Forderungen an Eisenbetonbauten nicht gestellt werden, erweist sich die Anwendung von Eisenbeton häufig von großem Vorteil, weil leicht zu beschaffende, oft sogar an Ort und Stelle vorhandene Materialien zur Verwendung kommen und mit einfachen Mitteln und bei Möglichkeit rascher Herstellung auch Tragfähigkeit und Feuersicherheit erzielt werden können. Die Mannigfaltigkeit der Anwendungen beweisen auch die folgenden, von der Firma F. C. Reincke u. Co., Stettin ausgeführten Beispiele.¹⁾ Abb. 99 zeigt eine Feldscheune von 500 m³ Inhalt während des Baues auf dem Schirmerschen Gute bei Delitzsch.

Die tragenden Pfeiler sind in Eisenbeton zwischen Schalung hochgeführt, die mit einem ebensolchen Rahmen verbunden sind. Die Zwischenfelder sind mit Zementdielen ausgefacht. Für die Konstruktion des Daches wurde Holz einer alten Scheune verwendet, die steile Dachfläche mit Ziegeln und das obere flache Dach mit Asphaltpappe abgedeckt. Sehr vorteilhaft ist es, statt der Ziegel an Ort und Stelle erzeugte Zementziegel zu verwenden, um wirtschaftlicher arbeiten zu können. Die genannte Firma wendet auch ein ihr geschütztes Verfahren zur Herstellung tragfähiger Säulen an, welches jede Schalung hierfür entbehrlich macht und so den Bau wesentlich verbilligt. Die oben erwähnten, zur Verwendung gelangten Dielen sind fabrikmäßig hergestellt worden. Sie sind auf Nut und Feder gearbeitet, werden in besonders zu diesem Zwecke vorbereiteten auseinandernehmbaren Formen auf hölzernen Unterlagen gestampft und mit diesen zum Trocknen abgesetzt. Die Formlinge müssen in nicht zu magerer Mischung hergestellt und längere Zeit hindurch noch sorgfältig angehäßt werden. Die Abb. 100 u. 101 zeigen Wohnhaus und Scheune, die nach demselben System von der gleichen Firma in Lotznitz in Pommern ausgeführt wurden. Bei der Erbauung von Wohnhäusern ist besonders auf gute Isolierung zu sehen, wie schon bei Besprechung der Toepfferschen Bauten hervorgehoben wurde. Gegen die durch Regen und Witterungsverhältnisse entstehende Nässe und Kälte wird mit großem Vorteil eine durchgehende Luftisolierung angeordnet. Diese Lufträume müssen nicht ausgefüllt werden, doch muß darauf geachtet werden, daß die eingeschlossene Luft unbeweglich bleibt, so daß also keinerlei Zirkulation ermöglicht wird. Werden die Lufträume ausgefüllt, so sollen nur schlecht wärmeleitende Stoffe hierzu verwendet werden. Dann bleiben die Wohnräume tatsächlich trocken und warm. Es hat sich bei den angeführten Beispielen auch nach andauernden Regengüssen keine innere Feuchtigkeit gezeigt. Die Feuersicherheit ist eine augenscheinliche und fällt umsomehr ins Gewicht, als am Lande die nötigen Feuerlöschvorrichtungen nur mangelhaft vorhanden zu sein pflegen und auch nicht rasch genug zur Verfügung stehen können. Daß derartig aus



Abb. 100.
Wohnhaus in Lotznitz.



Abb. 101.
Scheune in Lotznitz.

¹⁾ B. u. E. 1905, Heft XI u. XII.

Eisenbeton hergestellte Häuser schönheitlichen Anforderungen zu genügen imstande sind, mögen die Abb. 102 u. 103 zeigen. Sie betreffen zwei von zahlreichen Gebäuden, die auf einer Besitzung in Visconsin von den Architekten Fernekes u. Cramer errichtet wurden.¹⁾ Die ganze Baugruppe umfaßt nicht nur mehrstöckige Wohnhäuser für den



Abb. 102. Wohnhaus eines Gutes in Visconsin.



Abb. 103. Haus eines Gutes in Visconsin.

Besitzer, seinen Manager und dessen Assistenten, sondern auch weitläufige Stallungen, Vorrathshäuser für Getreide und andere Produkte, Garagen und Reparaturwerkstätten sowie schließlich eine der größten gedeckten Reitbahnen, die je ausgeführt worden sein dürften. Sie ist über 61 m lang und 23 m breit. Hier hat sich die Verwendung des Eisenbetons von großem Vorteil gezeigt, da die Anordnung von Säulen umgangen werden und der ganze Innenraum frei von jedem Hindernis ausgeführt werden konnte. Das Material, Kies und Sand, wurde in großen Mengen an der Baustelle vorgefunden und ermöglichte die billige Herstellung der Bauwerke. Im ganzen waren für diese gegen 2300 t Portlandzement erforderlich. Abb. 102 zeigt das Haus des Assistenten nach vollkommener Fertigstellung, Abb. 103 dasjenige des Managers in unverputztem Zustande.

Schon früher wurde auf die Herstellung von Gebäuden aus einzelnen Formsteinen aufmerksam gemacht und darauf verwiesen, wie zweckmäßig Hohlräume nicht

nur in den Decken, sondern auch in den Mauern wirken können. Es war daher sehr naheliegend, auch Betonhohlsteine, insbesondere für landwirtschaftliche Bauten, zu verwenden oder mit Hilfe von Betonformsteinen hergestellte Hohlmauern aufzuführen. Tatsächlich geschieht dies auch immer häufiger unter Anwendung der aus Amerika vor langer Zeit eingeführten Hohlblockmaschinen zur Erzeugung solcher Hohlsteine. Eine neuere Ausführung derartiger Betonsteine für die Herstellung von Mauern zeigen die unter dem Namen „Kofag“ patentierten Winkelsteine der Korksteinfabrik, Aktien-Gesellschaft, Mödling.

Der Kofag-Stein ist nach zwei Richtungen hin bemerkenswert; nicht nur in bezug auf seine Verwendung als Betonformstein, sondern auch deshalb, weil er an der

¹⁾ Cement Age 1908, Juni.

Außenseite eine Korkisolierschicht enthält, die ein nachträgliches Aufbringen eines isolierenden Schutzes überflüssig macht. Der Korkbelag wird gleichzeitig mit der Herstellung der Formsteine anbetoniert. Die Steine, deren Form aus Abb. 104 ersichtlich ist, werden so verlegt, daß die längere Seite die Mauerflucht bildet, die kürzere, senkrecht dazu laufende den Verband vermittelt und eine Mauerstärke von 30 cm ermöglicht. Die Korkschiicht ist nur auf den außen liegenden Steinen. Ein Stein wiegt rund 27 kg. Für besondere Zwecke, wie z. B. für Auswechslungen, für die

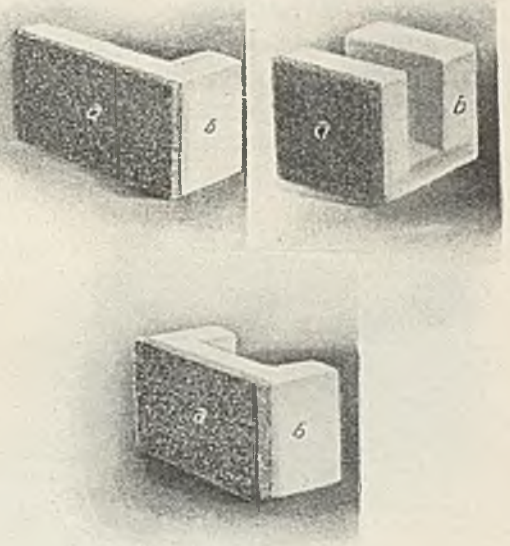


Abb. 104 u. 105.
Kork-Beton-Formstein „Kofag“.

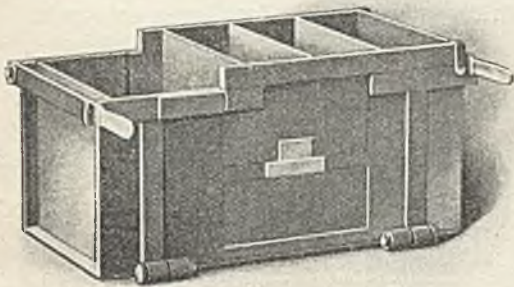


Abb. 107.
Eiserne Form zur Herstellung der „Kofag“-Steine.

Unterlagen von Trägern usw. benötigt man besondere Formsteine, von denen die Abb. 105 zwei Typen für die genannten Zwecke zeigen. Aus Abb. 106 ist dann die Art

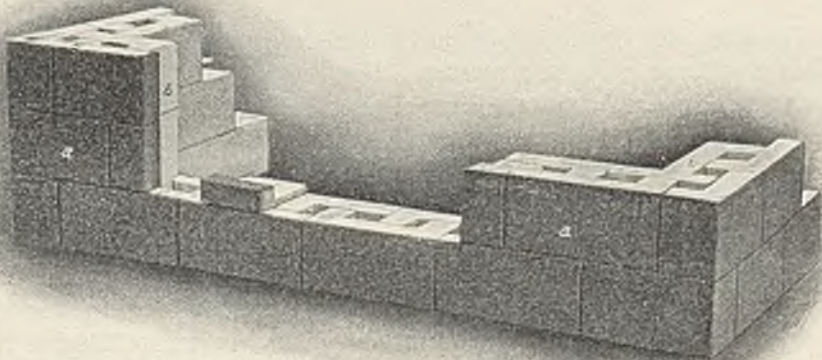


Abb 106. Mauer mit Gewänden und Sohlbank aus „Kofag“-Steinen.

der Verlegung der Steine zu ersehen. In letzterer Abbildung sind auch besondere Formstücke für Tür- oder Fenstergewände, wie auch für Fenstersohlbänke zu erkennen.

Für die an Ort und Stelle zu erzeugenden Steine bedient man sich eiserner Formen, wie sie nach Abb. 107 für den normalen Winkelstein und auch für die anderen Formen verwendet werden können.

Der Beton wird in ganz normaler Weise erzeugt, nur achtet man darauf, daß die Steingröße des Kieses oder Schotters 3 cm nicht übersteige. Das Mischungsverhältnis der Steine für zweistöckige Wohngebäude braucht nicht besser zu sein als 1 : 7, weil die auftretenden Beanspruchungen gewöhnlich unter der für diese Mischung zulässigen Inanspruchnahme verbleiben. Die mit Kork versehenen Steine (Korksicht bei der Erzeugung unten) verbleiben nach der Herstellung bis zur Erhärtung in ihrer Lage, die Steine ohne Belag werden am zweiten Tage umgekantert, um die Unterlagsbrettchen für die Wiederverwendung frei zu bekommen. Beide Arten werden in den ersten Tagen entsprechend feucht gehalten und der direkten Einwirkung von Sonne oder Regen entzogen.

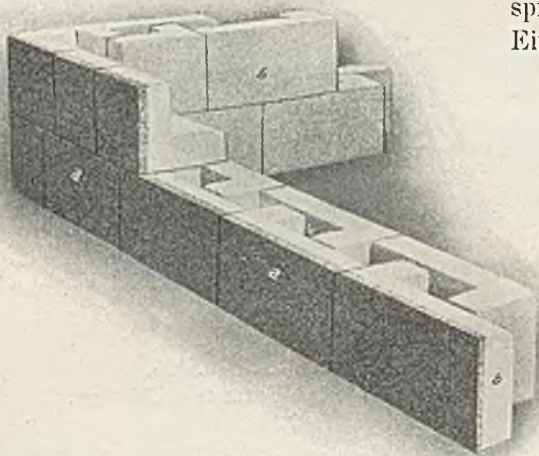


Abb. 108. Mauerwerk aus „Kofag“-Steinen.

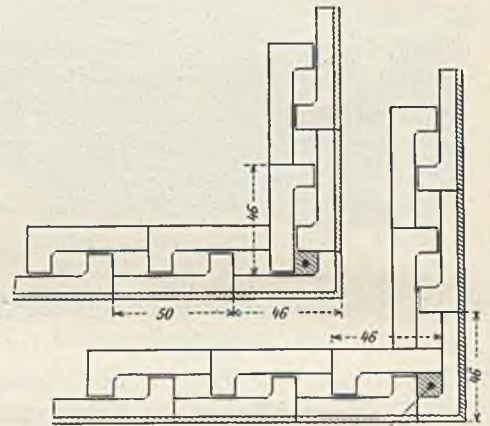


Abb. 109. Mauerwerk aus „Kofag“-Steinen (Zwei Scharen).
Rundeisen

Das Versetzen der Steine erfolgt in Portlandzementmörtel, mit welchem auch die 25 cm hohen Stoßfugen vergossen werden. Die Fugen des Korkbelages werden nach der Aufmauerung ausgekratzt und mit einer eigenen Verfugmasse vollkommen geschlossen. Die Eckausbildung zeigen für zwei Scharen die Abb. 108 u. 109. Der an der Ecke durch



Abb. 110.

Traversen-Auflager für eine „Kofag“-Mauer.

alle Scharen durchlaufende Hohlraum wird zur Herstellung einer Eisenbetonsäule benutzt, damit eine gute Versteifung der Mauern erzielt wird. Man ist auch an anderen Stellen stets in der Lage, solche versteifenden Säulen auszubilden, und wird dies insbesondere dort tun, wo die Mauer stark durch Öffnungen unterbrochen wird. Auf diese Weise entsteht dann ein monolithisches Eisenbetonfachwerk, dessen Fache durch die Hohlmauern ausgefüllt sind und das den Vorteil gegenüber normalen Ausführungen besitzt, daß Fachwerk und Füllung ein zusammenhängendes Ganzes bilden. Von Wichtigkeit ist noch die Art der Auflagerung von Traversen oder Massivdecken. Wie schon früher erwähnt, bedient man sich

hierzu besonderer Unterlagssteine, und zwar für Traversen solcher, die die Schar nach unten zu schließen und der Länge der Mauer nach eine Rinne frei lassen, welche ausbetoniert mit den Wandungen des Steines zusammen das Auflager schafft (Abb. 110).

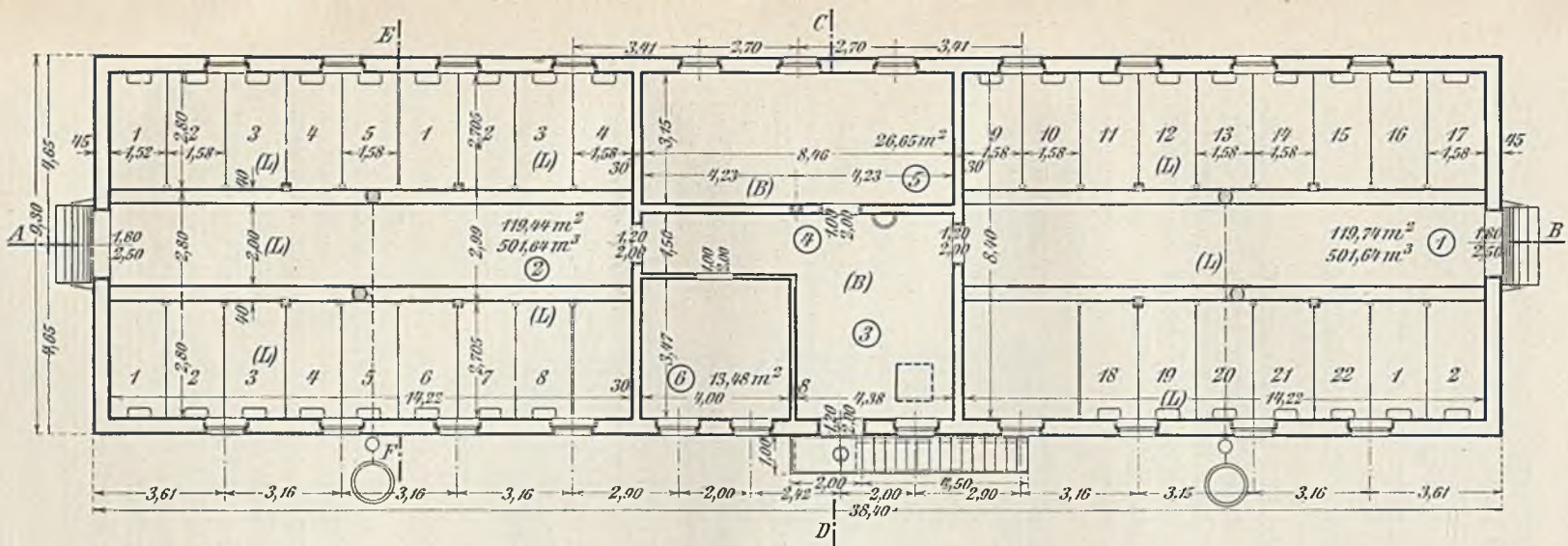


Abb. 111. Stallbaracke in Tolmein. Grundriß.

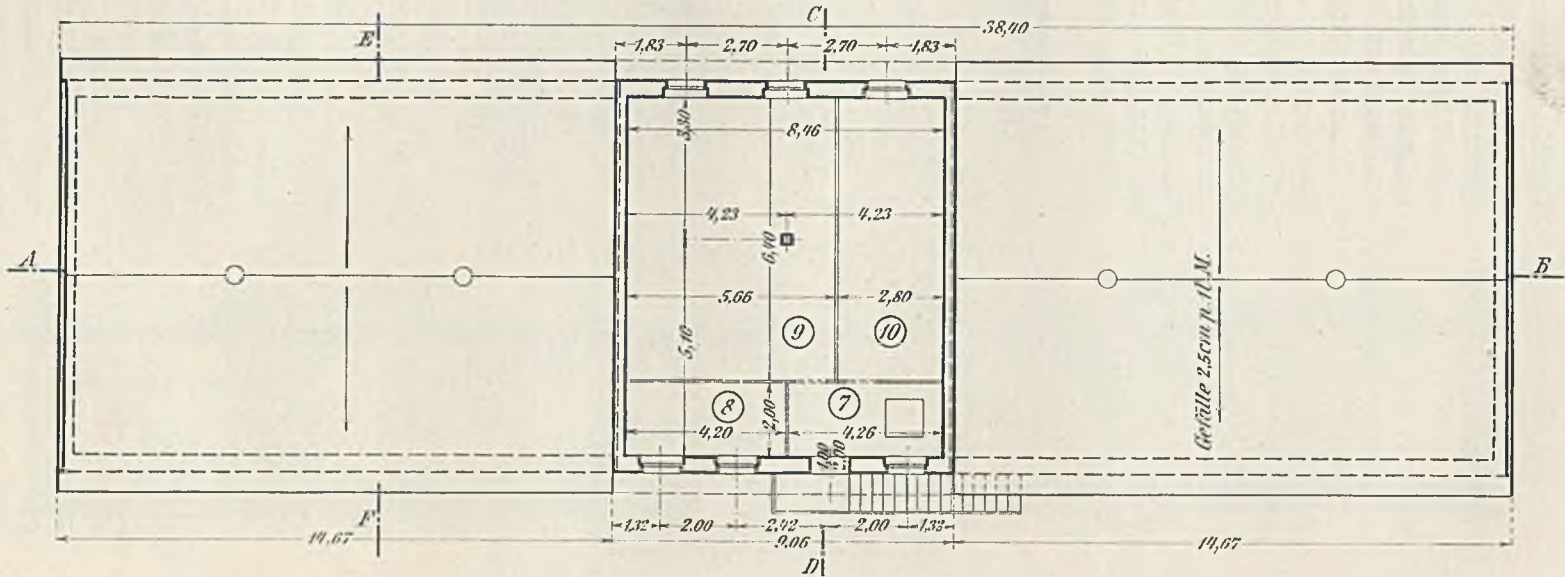


Abb. 112. Stallbaracke in Tolmein. Grundriß Obergeschoß.

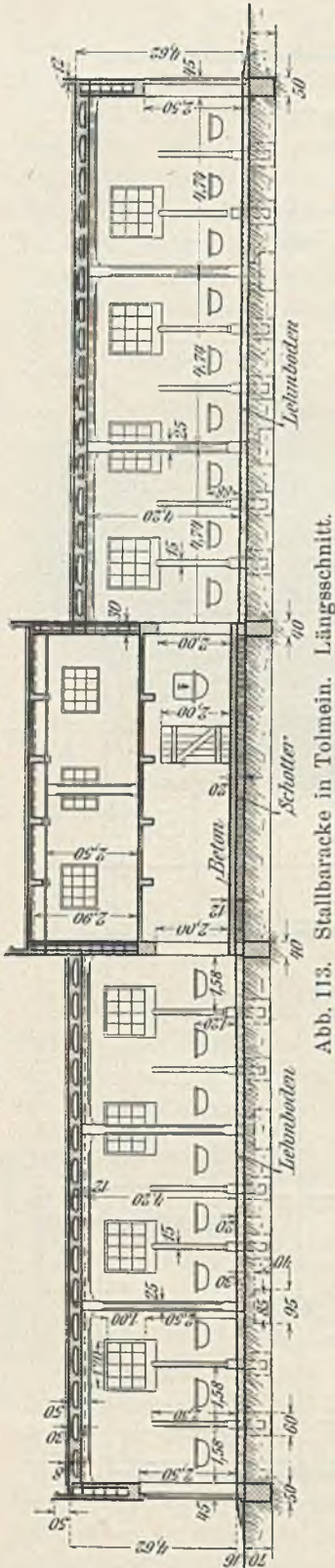


Abb. 113. Stallbaracke in Tolmein. Längsschnitt.

Bei Eisenbetondecken verwendet man einen Stein von der Form eines rechten Winkels, von dem der eine Schenkel wagerecht liegt, der senkrechte nach außen kommt. Auf diese Weise entsteht ein durch die ganze Mauer durchlaufender Betonträger, der den Druck der Decke gleichmäßig verteilen kann.

(In den Abbildungen bedeutet *a* die Korkschicht, *b* den Beton.)

Die weiteren Abb. 111 bis 114 betreffen ein Stallgebäude für die österreichische Heeresverwaltung, dessen charakteristische Eigentümlichkeit in der erstmaligen Anwendung von Betonwinkelsteinen liegt, die aber wesentlich von den im vorigen Beispiel erläuterten abweichen. Abmessungen und Einteilung sind aus den beigegebenen

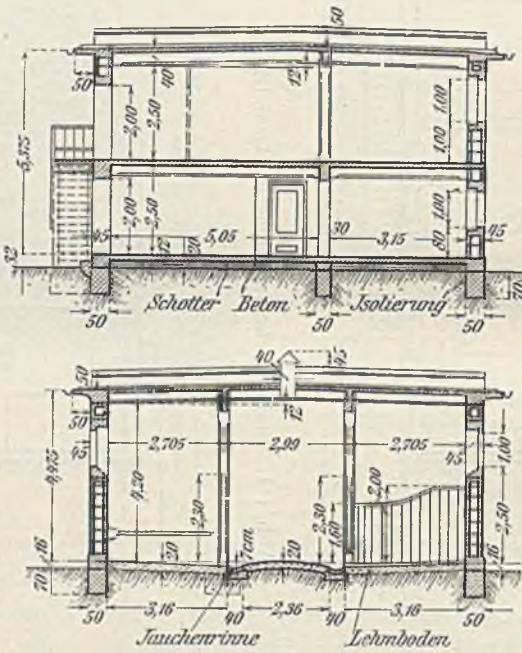


Abb. 114. Stallbaracke Tolmein. Querschnitte.

Abbildungen zu ersehen, so daß nachfolgende Erklärungen sich auf den eigentlichen Hakenstein beziehen können (Abb. 115). (Broschüre der ausführenden Firma Janesch und Schnell, Wien.)

Auch hier liegt eigentlich ein Eisenbetonobjekt vor, dessen Fache durch Hohlmauern aus Hakensteinen ausgefüllt sind.

Weiter ist bemerkenswert, daß die Decken sämtlich die der ausführenden Firma eigenen Hohldecken mit Verwendung von vorher gestampften Betonbogen, die als Schalung für die Rippen dienen, aufweisen. (Siehe Handbuch, 2. Aufl. Bd. IX.) Die Untersichten dieser Hohldecken sind aber nicht, wie üblich, kreuzweise bewehrt, sondern in Schlackendielen ausgeführt, was wiederum eine bessere Isolierung hervorzubringen geeignet ist.

Während bei den üblichen Bauweisen mit Betonhohlsteinen durchweg Kiesbeton vorgesehen ist, werden hier zwei verschiedene Materialien, und zwar Kiesbeton und Kohlenlöschbeton (Schlackenbeton) so kombiniert, daß die innere Wandfläche durchaus aus Schlackenbeton und die

äußere Fläche durchaus aus Kiesbeton und die die Wände verbindenden Stege aus dem einen bzw. dem anderen Material bestehen.

Durch diese Kombination und Anordnung sollen die spezifischen Eigenschaften dieser Materialien zweckmäßig ausgenutzt werden.

Der harte, witterungsbeständige und wenig Wasser aufnehmende Kiesbeton soll als dichte Hülle den porösen, weicheren, wärmedichterem und nagelbaren Löschebeton mit Einschaltung einer Luftisolierschicht umgeben.

Durch entsprechende Verbindung der Luftkanäle soll fallweise eine Ventilation der Hohlräume Platz greifen, wodurch nebst der raschen Austrocknung des Bauobjektes der natürliche Luftwechsel durch die Wandkonstruktion sowie ein teilweiser Ausgleich der Tag- und Nachttemperaturen im Mauerwerk ermöglicht werden kann.

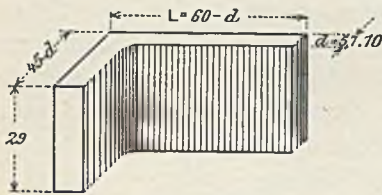


Abb. 115.
Hakenstein-System „Schnell“.

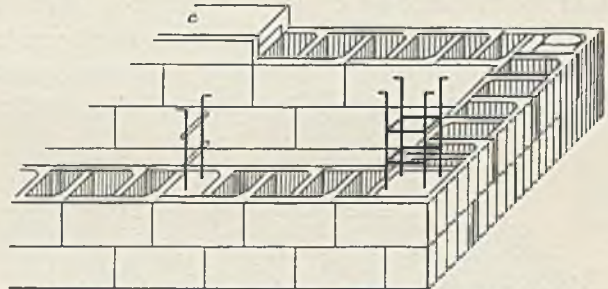


Abb. 116. Mauer aus Hakensteinen mit Eisenbetonpfeilern und Deckenaufleger (c).

Zur besseren Verbindung sollen, insbesondere bei schwächeren Mauern, in die Lagerfugen dünne Bandeisen, und zwar zunächst den Wandfluchten eingemauert werden. Zur Mauerung wird Portlandzementmörtel verwendet.

Bei Objekten von größerer Geschoßzahl oder in sonstigen Fällen können statische Verstärkungen des Mauerwerks dadurch vorgenommen werden, daß einzelne Zellen der Hohlmauern zur Ausbetonierung mit Eisenbetonpfeilern verwendet werden (Abb. 116).

In allen Fällen ist jedoch vorgesehen, die Zellen der ausspringenden Ecken voll auszumauern, wozu vorteilhaft die Abfallstücke der Winkelsteine verwendet werden können. Auch soll in jeder Geschoßhöhe eine durchlaufende Überlage aus Eisenbeton hergestellt werden, welche einerseits als Deckenaufleger, andererseits als Verbindungsorgan wirken soll (c in Abb. 116).

Das Bauelement bildet ein Stein in Winkelform, dessen einer Schenkel in die Mauerflucht, der zweite jedoch in die Verbindungsrippen der beiden Wandflächen zu liegen kommt (Abb. 114).

Die Abmessungen der Steine sind mit dem Ziegelmaße übereinstimmend, also je nach Widmung des Objektes: Höhe = 29 (14) cm, Länge = 60 cm, Breite = 45 (30) cm, Dicke = 5, 7, 10 cm; das Gewicht eines normalen Steines für 45 cm starke Mauern aus Kiesbeton = 35 kg, aus Löschebeton = 20 kg.

Zur engeren Anpassung an die Geschoßhöhen sowie für Ausgleichung in der Höhe der Fensterstürze werden Steine von 14 cm Höhe verwendet, wodurch jedoch keine Komplikationen bei der Erzeugung von Steinen entstehen, da zwei halbe Steine immer für einen normalen in Verwendung kommen können.

Die Reste von geteilten Steinen sowie auch Stücke des Verbrauches können wie gewöhnliche Ziegel verwendet werden, umso mehr, wenn die bis jetzt am meisten angewendete Steindicke von 7 cm beibehalten wird.

Die Erzeugung der Steine geschieht entweder in eisernen Einzelformen oder in Paketformen, mit welcher letzteren gleichzeitig 20 Steine und mehr in einem Zuge fertig werden können (Abb. 117).

Die Einzelform ist für Rohbauten zweckmäßiger, da die Steine glattere Flächen, schärfere Kanten und genauere Form erhalten; auch ist die Ausbildung besonders gestellter Sichtflächen möglich.

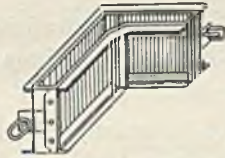
Die Paketform, bei welcher die Teilungsbleche nach Beendigung des Einstampfens ausgezogen werden, liefert dagegen Steine mit rauherer Oberfläche, welche dem Putzbau sehr zuträglich ist.

Die Steine werden zweckmäßig auf einem hart und eben gestampften Lehm Boden oder in Ermanglung dessen auf einem 5 bis 6 cm starken Zementestrich und sollen womöglich immer an der Baustelle erzeugt werden.

Dieselben sollen bei warmer Witterung mindestens zwei Tage an der Stampfstelle liegen bleiben und bei trockenem Wetter häufig begossen werden. Nach zweitägiger Erhärtung können die Steine von der Stampfenne abgetragen werden, zur Verwendung sollen die Steine mindestens 14 Tage, wenn tunlich drei Wochen alt sein.

Die Mischung für die Kiesbetonsteine wird zweckmäßig mit 180 kg Zement für 1 m³ Beton gewählt, wofür nach den österreichischen ministeriellen Vorschriften eine zulässige Druckbeanspruchung von etwa 10 kg/cm² festgesetzt ist.

Abb. 117.
Form zur Herstellung
von Hakensteinen.



Die Schlackenbetonsteine werden aus einem Gemisch von drei Teilen abgelagerter Kohlenasche und einem Teil reschem Sande bei Verwendung eines gleichen oder etwas größeren Zementzusatzes wie für die Kiesbetonsteine und mit reichem Wasserzusatz hergestellt.

Sollte bei gedrängter Bauzeit die Vermauerung der Steine vor 14 tägiger Erhärtung unvermeidlich sein, so erscheint es zweckmäßig, die Zementmischung etwas reicher zu wählen, da hierdurch eine raschere Erhärtung erzielt und an Verbrauch erspart wird.

Das günstigste Mischungsverhältnis von Kohlenasche und Sand ist von Fall zu Fall zu ermitteln, da dasselbe hinsichtlich der Qualität der Steine von der Eigenart der Materialien abhängig ist.

Im allgemeinen wird durch die Sandbeimischung die Festigkeit des Steines gehoben, jedoch werden die guten Eigenschaften abnehmen.

Bei der statischen Berechnung von Bauteilen wurde als zulässige Beanspruchung 5 kg/cm² angenommen, so daß auch hinsichtlich der Löschebetonsteine eine etwa 10fache Sicherheit eingehalten wurde.

Die Ausführung des Mauerwerks geschieht mit Portlandzementmörtel mit etwa 180 kg Zement und $\frac{1}{4}$ Weißkalkzusatz, um demselben hinreichende Geschmeidigkeit zu verleihen.

Damit die in die Lagerfugen eingemauerten Bandeisen $1\frac{1}{2} \times 26$ mm vom Mörtel vollständig umhüllt werden, ist es notwendig, auf die bereits vermauerte Steinschar vorerst die Mörtellage auszubreiten und in diese das Bandeisen einzudrücken, worauf die nächste Steinschar verlegt werden kann.

Da das nachträgliche Vergießen der Stoßfugen infolge der hohen Steine untunlich ist, muß die Stoßfugenfläche des bereits verlegten oder des zu verlegenden Steines vorher mit Mörtel angeworfen werden. Für Stoß- wie auch für Lagerfugen sind nur 1 cm starke Mörtelbänder vorgesehen, daher muß der verwendete Mörtel aus feinkörnigem Sand bestehen und entsprechend dünnflüssig sein.

Es muß beachtet werden, daß kein Kiesbetonstein bis zur inneren Wandflucht reicht, sondern daß jede die beiden Wandflächen verbindende Rippe nach innen von einem Löschebetonstein überdeckt wird, da sonst an dieser Stelle eine stärkere Wärme-transmission stattfinden und zu Feuchtigkeitsniederschlägen führen würde. Auch erscheint es notwendig, daß alle Verbindungsrippen auf die ganze Höhe ausgemauert werden weil die Rippe einen Bestandteil der Konstruktion bildet, der in statischer Hinsicht wichtig ist.

Die Ausführung der häufig vorkommenden Einzelteile erfordert keine besonderen Formstücke.

Rauchschlote werden durch Ausbetonieren einer Zelle und Nachziehen eines Zylinders wie bei Ziegelmauerwerk hergestellt.

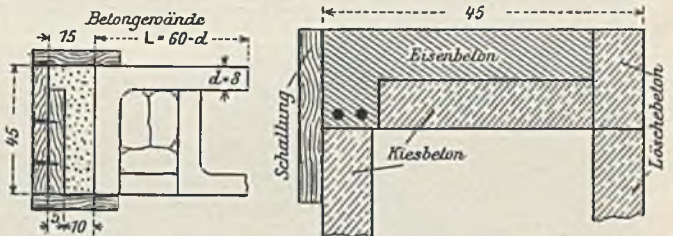


Abb. 118. Gewände für Bauten mit Hakensteinen.

Jedes Geschoß wird mit einer Eisenbetonüberlage abgeglichen, wodurch das Auflager für die Decken gegeben ist.

Bei dieser Konstruktionsweise ist es leicht möglich, das Gewände aus Beton herzustellen (Abb. 118).

Es ist zweckmäßig, die zunächst der Fenster- oder Türöffnungliegenden Hohlräume voll auszumauern.

Sollten Bauteile vorkommen, in welche sich der normale Stein nicht leicht einpassen läßt, z. B. gekrümmte Mauern, schiefe Ecken, schwache Pfeiler usw., so kann je nach Fall und Gelegenheit eine ergänzende Betonierung, Mauerung mit Ziegeln oder Haustücken der Betonsteine angewendet werden.

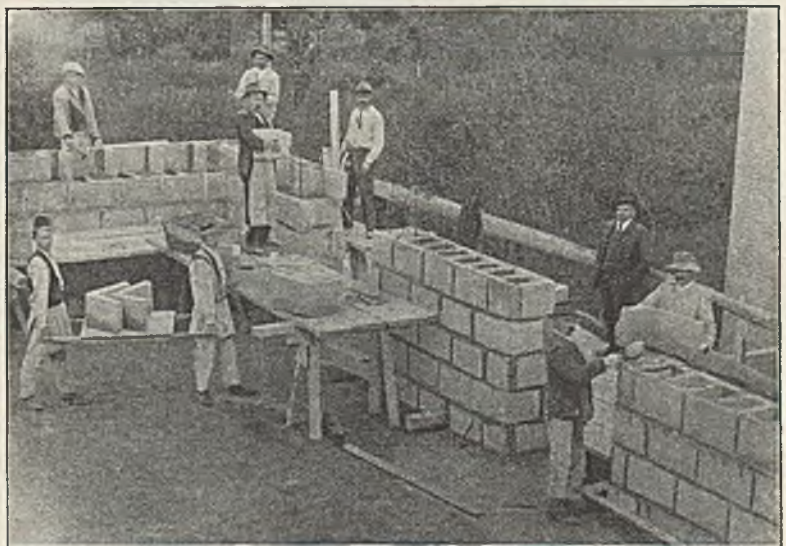


Abb. 119. Aufführung einer Mauer mit Hakensteinen.

Die Außenflächen der Wände können in Putz ausgeführt werden oder auch roh bleiben. Für glattes Mauerwerk können in letzterem Falle die normalen Steine verwendet werden, und ist hierfür die Erzeugung in eisernen Einzelformen und eine etwas reichere Mischung anzuempfehlen.

Wird Verputz angewendet, so ist diesem mehr Sorgfalt als beim Ziegelbau zuzuwenden, damit er gut haftet. Es ist zu empfehlen, einen ersten dünnen Anwurf mit verlängertem Portlandzementmörtel vorzunehmen. Die Ebenheit der Wände erfordert in der Regel nur eine Verputzstärke von 1 cm.

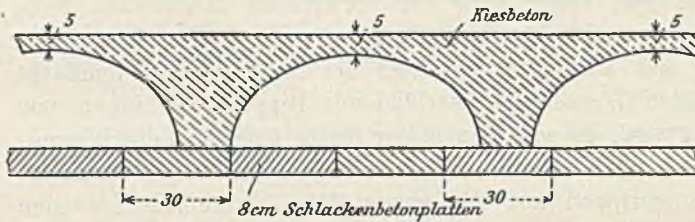


Abb. 120. Stallbaracke in Tolmein. Deckenkonstruktion.

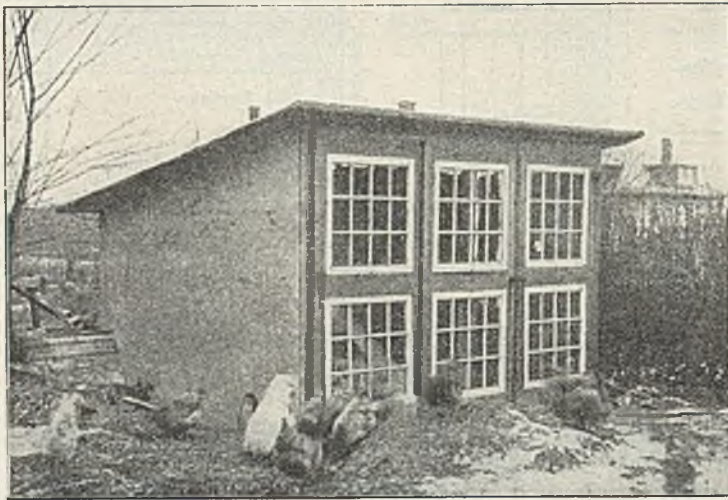


Abb. 121. Küchenhaus aus Eisenbeton.



Abb. 122. Gartengebäude aus Eisenbeton in Topsfield, Mass.

einem ersten dünnen Anwurf mit verlängertem Portlandzementmörtel vorzunehmen. Die Ebenheit der Wände erfordert in der Regel nur eine Verputzstärke von 1 cm. Abb. 119 zeigt einen Bau mit Hakensteinen während der Ausführung. Abb. 120 gibt die Art der Deckenkonstruktion wieder.

Daß der Eisenbeton mit Vorteil auch für kleinere Ausführungen verwendet werden kann, zeigen zahlreiche Beispiele der Praxis, von denen zwei hier hervorgehoben sein mögen. Die eine Ausführung betrifft ein kleines Küchenhaus mit 2,74 zu 3,66 m Grundfläche und 2,13 m Höhe. Die Wände sind 10,2 cm stark und mit $\frac{3}{8}$ zölligen Eisenstäben, die 60 cm auseinanderstehen, bewehrt. Die Betonmischung war 1 : 3 : 6. Das ganze Häuschen war in einem halben Tage betoniert und wurde nach entsprechender Zeit glatt verputzt (Abb. 121). Die

Herstellung besorgte C. R. Knapp u. Co., Philadelphia.¹⁾ Das zweite Beispiel betrifft Anwendungen für Gemüse- und Gartenbau auf einem Gute in Topsfield, Mass., hergestellt von der Aberthaw Construction Co.,²⁾ Boston. Beton gelangte hier in ausgebreitetem Maße zur Anwendung für Gewächshäuser jeder Art und für die übrigen Anlagen, bei

¹⁾ Concr. a. Constr. Eng. 1910.

²⁾ Cement Age 1910.

denen auffällt, daß man sich besondere Mühe gab, sie architektonisch schön zu gestalten. Abb. 122 zeigt eine Pergola mit einem anschließenden Obstlagerhaus und einer der Rosenlauben. Rückwärts schließen ein Gewächshaus und ein zweites Gebäude an. Die Pergola-Tragkonstruktion ist ganz aus Beton. In Abb. 123 sind die Gewächshäuser und die Mistbeete besonders hervorgehoben. Gerade die letzteren

bilden ein Anwendungsgebiet des Betons, das auch bei uns mehr gepflegt werden sollte. Dabei ist es auch möglich, eine andere Herstellungsweise zu versuchen, wie sie z. B. Abb. 124 zeigt. Das Mistbeet ist hier aus vorher fertiggestellten

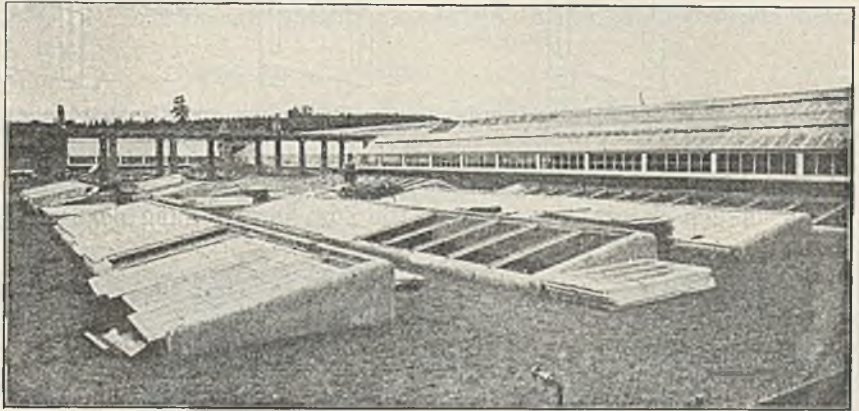


Abb. 123. Gewächshäuser und Mistbeete aus Eisenbeton in Topsfield, Mass.

Platten, die mit Falzen versehen sind, zusammengesetzt. Die Wärme hält sich in diesen Kasten mindestens ebensogut wie bei Verwendung von Holz, und das sich bildende Schwitzwasser ist sogar von Vorteil, weil es die warme Luft anfeuchtet und das Wachstum der Pflanzen günstig beeinflusst. Die Stärke der Platte kann mit 5 bis 6 cm angenommen werden, auch ist es zweckmäßig, sie zu bewehren. Als Fundierung wird genügen, die Platten auf eine Schar Ziegel aufzustellen. Trotz der Einfachheit der Herstellung wird es sich dennoch hier wie stets empfehlen, derartige Baulichkeiten stets von verlässlichen, ge-

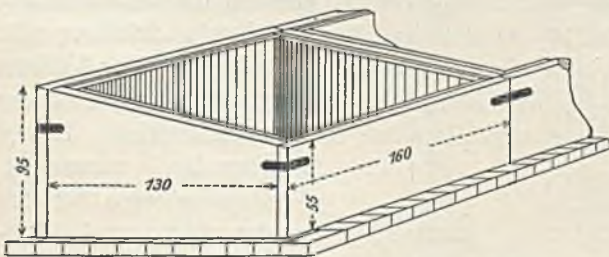


Abb. 124. Mistbeet aus Eisenbetonplatten.

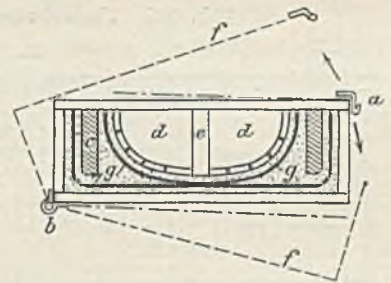


Abb. 125. Schalung für die Verbindungsstücke der Mistbeetkästen in Abb. 126.

übten Unternehmern ausführen zu lassen. Wichtig ist auch, die Einwirkung der Humussäure auf den Beton zu verhindern und zu diesem Zwecke die Innenflächen der Kasten nicht nur gut zu verputzen, sondern auch zu fluatieren.

Derartige Mistbeete, die übrigens bei sorgfältiger Arbeit auch von den Besitzern selbst hergestellt werden können, haben sich in der Praxis gut bewährt. So beschreibt A. Weyermann in der Deutschen Gärtner-Zeitung die nachfolgende Art der Herstellung von Mistbeeten mit Hilfe von Eisenbetonplatten geringer Stärke. Als Betonmischung genügt 1 Zement auf 8 Sand und Kies, als Einlage kommen 3 bis 8 Stück Rundeisenstäbe von 6 mm Stärke in Betracht, welche letztere kreuzweise zu verlegen sind.

Zur Formgebung bedient man sich, wie üblich, eines passenden Holzrahmens von der Größe der zu erzeugenden Platte. Die nächste Platte kann man ebenfalls ebenso auf der vorigen stampfen, nachdem man die erstere mit Papier abgedeckt hat. Für die Anbringung von Fensterstützen benutzt man ein Langholz mit einigen ein-

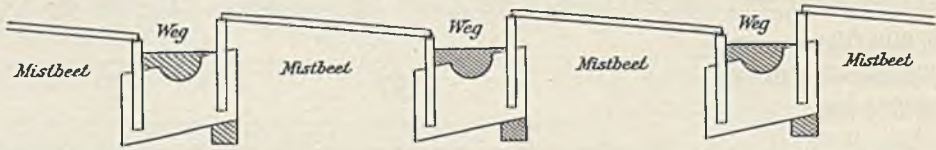


Abb. 126. Anordnung von Mistbeeten aus Eisenbetonplatten.

gestemmt Löchern zur Aufnahme von 4 mm dicken, 5 cm langen und 2 cm breiten Eisen, die mit einbetoniert werden. Die Zusammenstellung der Platten zu Kästen erfolgt mit Hilfe kleiner Säulen

oder von eigenen Verbindungsstücken (Abb. 125). Letztere werden mit Hilfe von aufrecht stehenden Holzrahmen aus etwa 15 cm breiten Brettern gefertigt. Ein solcher Rahmen wird an zwei Ecken durch Zusammennageln befestigt, an einer Ecke mit Türscharnieren, an der letzten mit einem Schlitzriegel versehen. In diesen Rahmen kommen der späteren Form entsprechend abgerundete Bretter, die die aus Latten bestehende Schalung für die Höhlung der Verbindungsstücke tragen. Diese Schalung wird immer hälftenweise verwendet. Für die späteren Schlitze werden noch zwei Harthölzer eingefügt. Die Bewehrung erfolgt durch Rundeisenstäbe oder alte Gasrohre. Wie die fertigen Verbindungsstücke benutzt werden, zeigt Abb. 126.

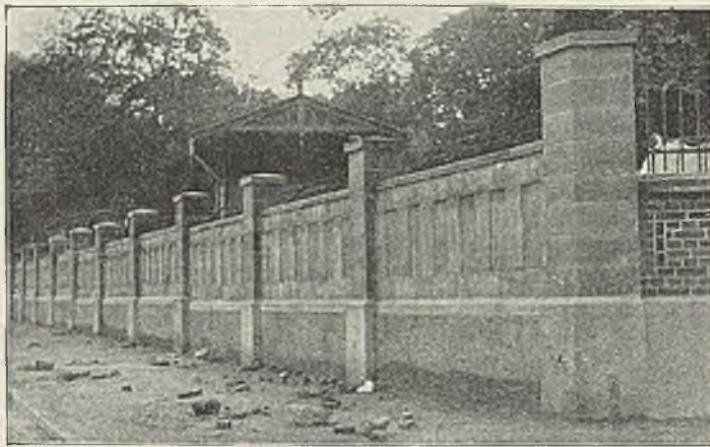


Abb. 127. Umwehung in Eisenbeton.

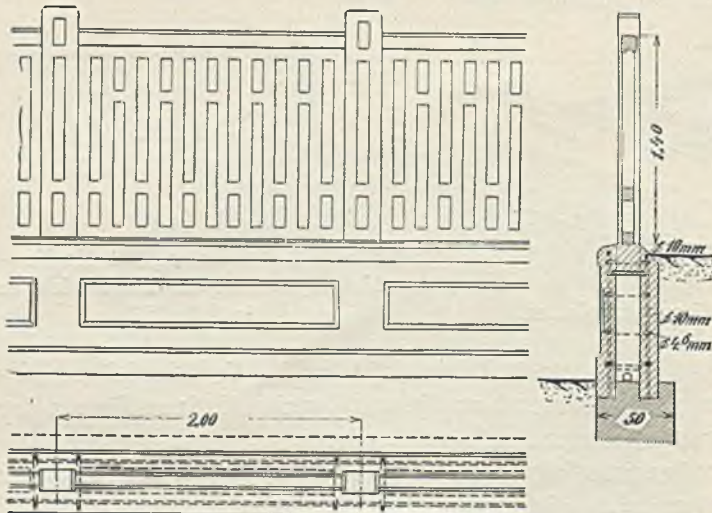


Abb. 128. Geländer in Oedenburg, Ungarn.

Derartige Mistbeete finden sich bereits in größerer Zahl ausgeführt vor

und verschaffen sich immer mehr Eingang in den größeren Gärtnereien. So berichtet der „Praktische Ratgeber im Obst- und Gartenbau“ 1913 über die Aufstellung von 108 Fenstern

für Frühbeete und Freilandkasten der Bredowschen Schloßgärtnerei, wobei die in Abb. 124 zeigte Art zur Anwendung kam.

Für die Landwirtschaft von großer Wichtigkeit ist auch die Herstellung der für so viele Zwecke notwendigen Umwehrungen und die damit in Zusammenhang stehende Erzeugung von Beton- oder Eisenbetonpfosten für Zäune oder dergl. Die Firma Reinecke u. Co., Stettin führte die in Abb. 127 dargestellte Umwehrgung aus und erzielte damit nicht nur Billigkeit und Haltbarkeit, sondern auch ein recht gefälliges Aussehen.

Abb. 128 zeigt ein Geländer bei der Südbahnstation Oedenburg in Ungarn, ausgeführt von J. Schustler, Budapest, dessen Einzelheiten leicht zu erkennen sind. Fundament und Hohlsockel wurden an Ort und Stelle betoniert, Säulen, Felder und Deckgesimse in je einem Stück vorher fertiggestellt und dann versetzt. Die Säulen reichen in den Sockel hinein. Der Hohlsockel dient zur Entwässerung des Gartens. Die Kosten stellten sich (bei kostenloser Zustellung von Sand und Schotter) auf 38 Kr. für 1 lfd. m.

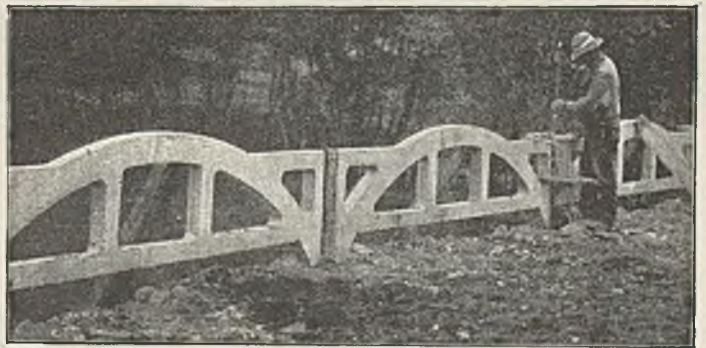
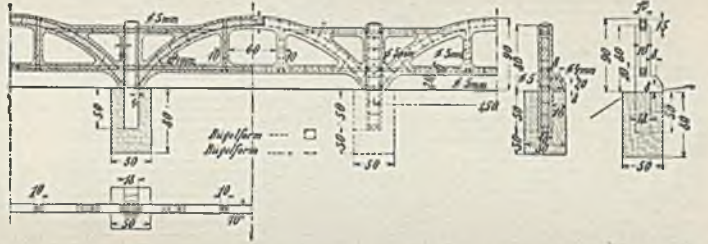


Abb. 129 u. 130. Rampengeländer in Prahawa.

Die Abb. 129 u. 130¹⁾ geben Konstruktion und Ansicht der Rampengeländer zu den Brücken über die Prahawa in Rumänien. Es war in diesem Falle ein Geländer herzustellen, das von den späteren Senkungen des angeschütteten Bodens unabhängig blieb. Auch hier wurden vorher fertiggestellte Felder zwischen den an Ort und Stelle erbauten Pfeilern eingefügt und verbunden. Die Geländerträger sind 10 cm breit, mit

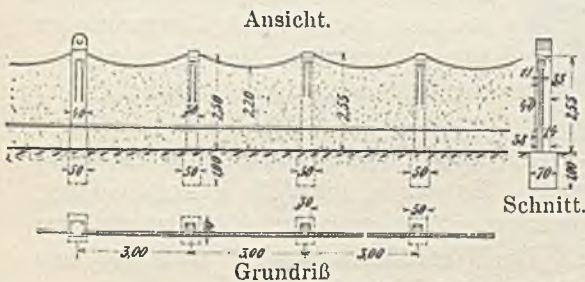


Abb. 131. Einfriedigung der Glanzstoffabrik in St. Pölten.

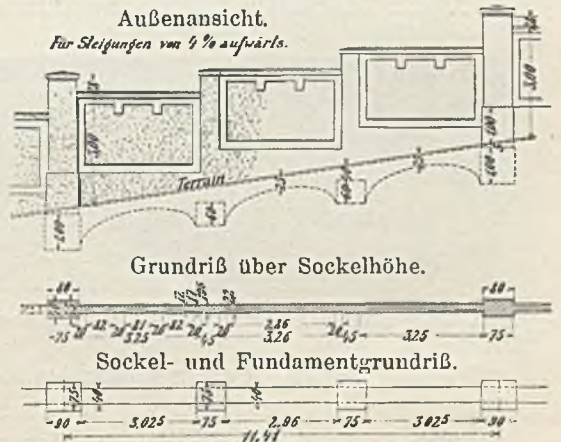


Abb. 132. Einfriedigung in Hütteldorf.

vier 5 mm-Rundeisen bewehrt und mit vier Drahtbügel verbunden. Diese Eisen sind über die Felder hinaus verlängert und greifen in die Säulen ein, wie Abb. 129 zeigt.

¹⁾ B. u. E. 1907, Heft VIII.

Die Felder wurden liegend hergestellt. Alle 30 m wurde eine Dehnungsfuge eingeschaltet. Weitere Ausführungen, die von der Firma Adolf Baron Pittel, Wien herühren, geben die Abb. 131 u. 132 wieder.¹⁾ Die erste derselben, hergestellt für die Glanzstofffabrik in St. Pölten, hat eine Länge von 1000 m, ist beiderseits gestockt ausgeführt und kostete 30 Kr. für 1 lfd. m. Die zweite gehört zur Heil- und

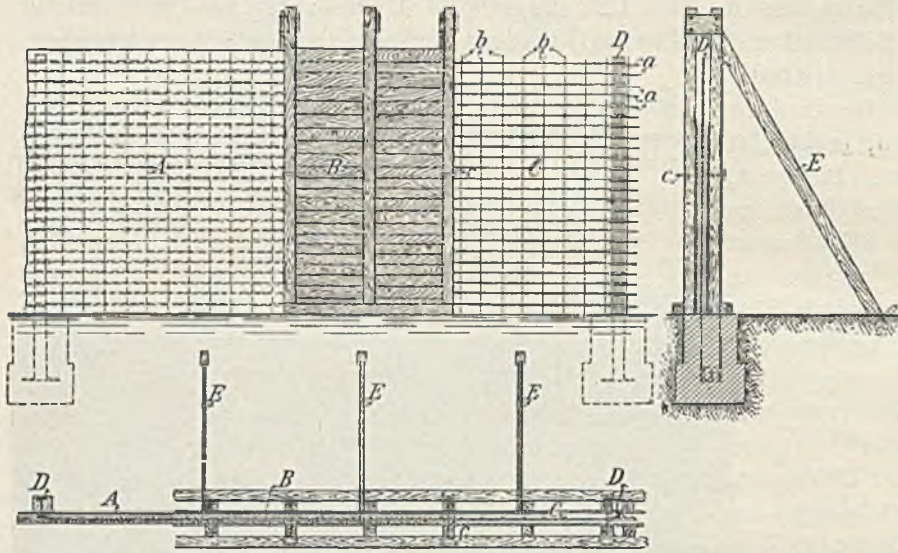


Abb. 133. Einfriedigungsmauer aus Eisenbeton in Berlin.

Pflegeanstalt in Hütteldorf bei Wien, hat 1800 m Länge und kostete 38 Kr. für 1 lfd. m. Bei der für einen Petroleumlagerhof in Berlin bestimmten Einfriedigungsmauer wurde die in Abb. 133 (siehe „Zement und Beton“ 1906) dargestellte

Schalung mit Erfolg benutzt. Die Mauer besteht aus zwischen rechteckige Pfeiler gespannten Feldern mit Eiseneinlage. Die Pfeiler waren in Abständen von je 5 m angeordnet und bestanden der Hauptsache nach aus I-Trägern (Profil 18), die etwa 2,5 m aus dem Boden herausragten, in dem sie mit einem Betonfuß steckten (D). Die Einlage der Felder bildeten wagerechte, 10 cm auseinandergelegte Rundeisenstäbe *a* von 7 mm Durchm., die um die Trägerflanschen gebogen waren. Die lotrechten Rundeisen *b* wurden in Abständen von je 20 cm angeordnet und mit den wagerechten verdrahtet. Die

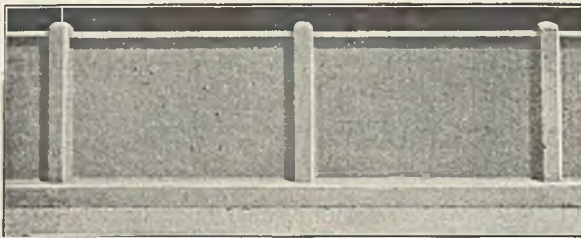


Abb. 134. Mauer der Long Island Rr. Co., New York.

Verschaltung bestand aus Ständern, die durch Streben *E* in genauer Lage gehalten wurden und die mit den jenseitigen Ständern durch Bolzen mit Gewinde und Flügel *c* verbunden waren. Zwischen diese Ständer kam nun beiderseits die eigentliche, 2,5 cm starke Schalung, die die für die Mauer notwendige Stärke von 10 cm freiließ. Es wurde nicht die ganze Schalung auf einmal gebaut, sondern stückweise vorgegangen. Sie war so errichtet, daß sie ohne Mühe und rasch entfernt werden konnte. Die Wandflächen wurden noch vor dem völligen Erhärten des Betons mit dünnem Zementmörtel verputzt.

Eine andere Mauer in Eisenbeton zeigt Abb. 134. Sie trennt die Nebengleise der Long Island Railroad Co. in New York von der Straße und ist ungefähr 90 m lang und etwa 7,5 cm stark.²⁾ Die zwischen die Pfosten gespannten Platten sind 3 m lang

¹⁾ B. u. E. 1907, Heft IX. ²⁾ Cement Age 1908.

und zeigen eine geriffelte Oberfläche, die das schöne Aussehen des Zaunes bewirkt. Das obere Ende der Platten wurde stärker gehalten und wie eine Handleiste abgerundet. Jede Platte wurde mit 45 cm auseinanderliegenden vertikalen $\frac{3}{8}$ zölligen Stäben bewehrt, die durch vier $\frac{1}{2}$ - bis $\frac{3}{8}$ zöllige horizontale Stäbe miteinander verbunden waren. Die Pfosten haben quadratischen Querschnitt von 18 cm Seite, sind mit je vier $\frac{1}{2}$ zölligen Vertikalstäben bewehrt und wurden an Ort und Stelle betoniert. Erst nach ihrem Abbinden wurden die Platten, die mit Falzen in die Pfosten eingreifen, fertiggestellt. Außerdem sind beide durch herausstehende Eisen miteinander verankert, und auch eine gute Verbindung von Pfosten und Platte mit dem durchgehenden Betonfuß wurde durchgeführt.

Abb. 135 gibt eine andere Ausführung einer Einfriedigungsmauer. Sie ist eine englische Meile lang und besteht aus 6 m langen Teilen, die auf je zwei Bogen aufruhen, die ebenso wie die Fundamente stark mit Eisenbewehrt sind. Die Höhe des Zaunes beträgt 1,20 m.¹⁾

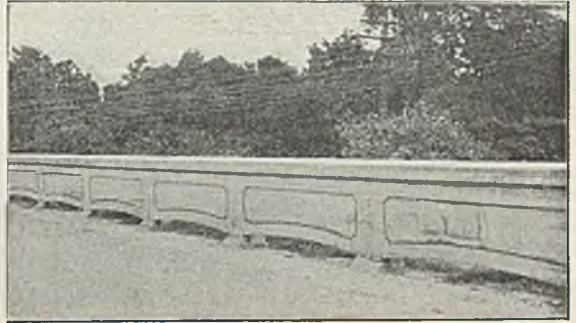


Abb. 135.

Einfriedigung zu West Ferre Houte, V. St.

Ein weiteres Beispiel, das Interesse beansprucht, ist eine Grenzmauer von 2286 m Länge mit Strebepfeilern aus Eisenbeton und Wandfüllungen, die aus Betonhohlsteinen hergestellt wurden. Als besonderer Vorteil ist hervorzuheben, daß durch Verwendung von Eisenbeton eine möglichst schwache, dabei aber doch nach Wunsch hohe Konstruktion ermöglicht wird, ohne besonders tiefe und umfangreiche Fundamente anlegen zu müssen.

Die beschriebene Grenzmauer wurde für das Borstal-Institut in Feltham errichtet. Die Stärke beträgt 11,5 cm bei 2,13 m Höhe der Wandflächen, über welchen noch ein 85 cm hoher Stacheldrahtzaun an die Pfeiler anbringbar ist. Die einzelnen Eisenbetonpfeiler stehen 4,18 m auseinander und haben einen Querschnitt von 30,5 zu 22,9 cm mit beiderseitigen Anschlägen zur Aufnahme der Wandfüllungen. Sie reichen 76 cm in den Boden und stehen auf Fundamenten von den Ausmaßen 54/54/31 cm. Der über die Wandfüllung reichende Teil der Pfeiler weist eine Querschnittsverminderung auf. Die Abb. 136 u. 137 zeigen die Erzeugung der Pfeiler in liegenden Formen und die „Winget“-Hohlblockmaschine zur Herstellung der 11,5 cm starken Formsteine. Diese sind 70 cm lang, 22,9 cm hoch und 11,5 cm stark und mit entsprechender Nut und Feder ausgestattet. Jeder Stein hat zwei Hohlräume.

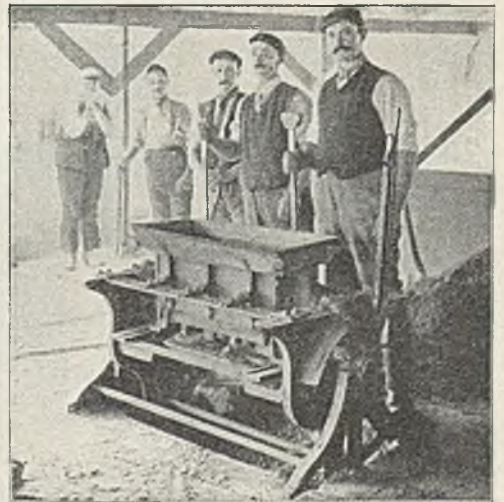


Abb. 136. „Winget“-Maschine zur Herstellung von Hohlblöcken.

¹⁾ Cement Age 1908.

Die Maschine erzeugt zwei Steine auf einmal in einer Mischung von 1 : 4. Aus Abb. 138 ist ein Teil der fertigen Mauer zu erkennen.¹⁾

Häufig handelt es sich aber gar nicht um vollständige Einfriedigungsmauern, sondern um Drahtzäune, die an Pfosten zur Befestigung kommen.

Eine sehr große Nachfrage nach solchen Pfosten in Eisenbeton besteht besonders

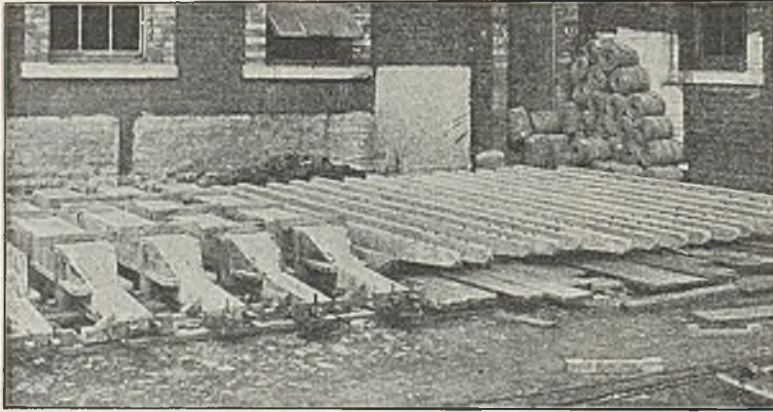


Abb. 137. Herstellung der Pfeiler für eine Grenzmauer.

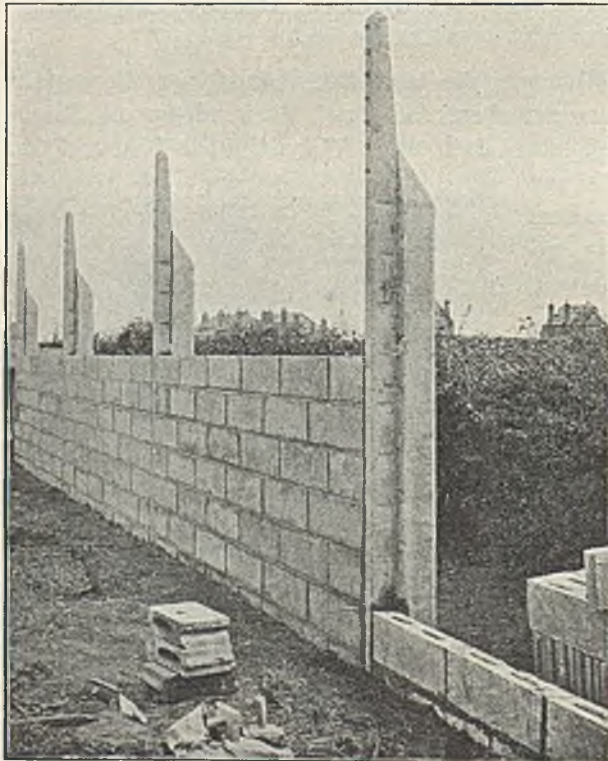


Abb. 138. Grenzmauer in Feltham während der Ausführung.

in Amerika. Die Dauer hölzerner Pfosten ist ja sehr beschränkt, und der Mangel an passendem Holz hat es notwendig gemacht, mancherorts an einen brauchbaren Ersatz zu denken. Ein Zaunpfahl muß, um seinem Zweck zu entsprechen, drei Bedingungen erfüllen: 1. muß er zu billigem Preise zu haben sein, 2. muß er

eine genügende Festigkeit besitzen, um den üblichen Anforderungen zu genügen, und 3. darf er nicht leicht zugrunde gehen, muß vielmehr fähig sein, den Witterungsunbilden und dem Feuer zu widerstehen. Obgleich auch eiserne Pfosten verschiedener Art häufig zu den gleichen Zwecken verwendet werden, ist ihre allgemeine Anwendung durch die zu großen Kosten unmöglich, selbst wenn man davon absehen wollte, daß sie leicht der Korrosion ausgesetzt sind und viel Unterhaltungskosten (Anstrich) erfordern. Gegenwärtig scheint daher der Eisenbeton dasjenige Material zu sein, das sich für die Herstellung von Pfosten am besten eignet; natürlich hängt der Preis von der Billigkeit der Materialien in der betreffenden Gegend ab, aber in der Mehrzahl der Fälle wird doch der Eisenbeton den Sieg davontragen können. Auch muß ja bedacht

¹⁾ Concr. a. Constr. Eng. 1911.

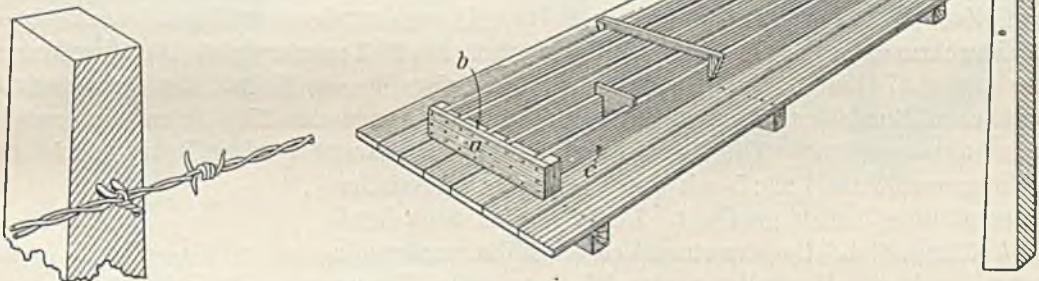
Natürlich werden, infolge der großen Festigkeit des Eisenbetons, solche Pfosten nicht so stark gemacht werden müssen als hölzerne, und die verhältnismäßig kleinen Querschnittsabmessungen werden auch dann beibehalten werden können, wenn größere Anforderungen gestellt werden; man braucht dann nur die Eiseneinlage entsprechend zu vermehren. Für diese wird in der Regel Rundeisen oder nach Ransomeart gedrehter starker Draht verwendet, in manchen Fällen wohl auch andere Eisen, wie Flach-eisen usw. Selbstverständlich wird man auch nur jene Menge von Eisen verwenden, mit der man gerade noch auskommt, und wird die Verstärkung nahe der Oberfläche anordnen, jedoch so, daß sie noch genügend durch Beton gedeckt und geschützt wird. Haben die Pfosten eckigen Querschnitt, so gibt man die Eiseneinlage am besten in die Ecken desselben.

Für die Betonmischung kann nicht von vornherein ein bestimmtes Verhältnis angegeben werden, doch kann mit $1 : 2\frac{1}{2} : 5$ bei Verwendung von Kies mittlerer Größe wohl stets gearbeitet werden.

Die Form der Pfosten soll so sein, daß deren Herstellung möglichst einfach erfolgen kann. Für mit der Hand gemachte Pfosten verwendet man in den meisten Fällen hölzerne, sonst eiserne Formen. Für erstere wird man wohl immer die Form liegend benutzen; bei stehenden Formen muß eine etwas nassere Mischung verwendet

Abb. 139. Schalung und fertiges Stück von Zaunpfosten.

Abb. 140. Verbindung des Drahtes mit dem Pfosten.



werden, und man muß auch längere Zeit verstreichen lassen, ehe man die Form wieder abnimmt. Abb. 139 zeigt eine ganz einfache Vorrichtung, die vielfach vollständig befriedigt hat. Die Möglichkeit, mehr als wie hier, vier Pfosten, zu arbeiten, ist natürlich stets gegeben. Die Form besteht aus zwei Endstücken *a* mit Nuten *b*, in welche die Längshölzer *c* eingreifen. Die einzelnen Teile werden durch Haken zusammengehalten. Um ein Ausbauchen der seitlichen Endstücke zu verhindern, werden sie, wie in der Abbildung gezeigt, verspreizt. Die Holzbretter der Form sind 1 Zoll stark, im Fall etwas stärker. Die in Abb. 139 gegebene Form ist für Pfosten von 15×15 cm Querschnitt am Fuß, $15 \times 7,5$ cm an der Spitze und 2,10 m Länge. Die Form läßt sich natürlich beliebig verändern, um verschiedene Querschnittsgrößen zu erzielen.

Die Verbindung der Drähte des Zaunes mit den Pfosten muß sehr solid hergestellt werden, aber einfach durchzuführen sein. Am einfachsten ist es, nach Abb. 140, oder wie in einem späteren Beispiel gezeigt, vorzugehen. An eine im Beton eingebettete, herausragende Öse wird der Draht befestigt und ordentlich zusammengedreht. Für diese Zwecke muß verzinkter Draht verwendet werden, weil er sonst zu leicht ver-rosten würde.

Beim Formen wird man nur so viel Beton anmachen, als eben verbraucht werden kann; bei Herstellung von nur je einem Pfosten also nur so viel, als für diesen einen erforderlich ist, wenn die Herstellung nicht sehr rasch erfolgen sollte. Die Formen werden gut geschmiert bzw. eingeseift, um ein gutes Loslösen des fertigen Stückes von der Form zu erreichen. Dann stampft man zunächst eine etwa 2,5 cm starke Schicht, legt die Eisen an die entsprechenden Stellen und fährt mit der Arbeit fort. Um abgefaste Ecken zu erzielen, legt man dreieckige Leisten in die Form ein und gibt nach Füllung ebensolche Streifen an die zu oberst liegenden Ränder. Die seitlichen Randschalungsbretter können nach 24 Stunden entfernt werden, während der frische Pfosten ruhig liegen bleiben und täglich ordentlich genäßt werden muß. Die Zwischenbretter können nach zwei oder drei Tagen vorsichtig herausgezogen werden, doch ist es besser, sie an Ort und Stelle zu lassen, bis man auch den Pfosten wegnehmen will. Auch das Aufstapeln dieser muß mit Sorgfalt geschehen, weil der noch grüne Beton leicht beschädigt wird. Man soll die fertigen Pfosten auch nicht vor Ablauf von 60 Tagen in Verwendung nehmen, obzwar sie hierfür schon in weit geringerer Zeit geeignet wären. Die Stapelung erfolgt in dieser Zeit am besten in feuchtem Sand unter wenigstens einmaliger Nässung am Tage.

Es möge auch darauf gesehen werden, die Form nach Entfernung der Pfosten stets gut zu reinigen, um sie von den haften gebliebenen Betonklümpchen zu befreien.

Was die Kosten der Eisenbetonzaunpfosten anlangt, so hängen diese natürlich von den an Ort und Stelle üblichen Materialpreisen und Löhnen ab und können daher bedeutend schwanken.

Schließlich sei noch in aller Kürze über einige amerikanische Versuche berichtet, die mit Zaunpfosten angestellt worden sind. Diese Pfosten wurden sowohl mit als auch ohne Eisenbewehrung gemacht und in einem Alter von 60 bis 90 Tagen erprobt. Die Bewehrung ging von 0,27 bis 1,13 vH. und bestand aus vier in den Ecken des Querschnitts befindlichen Rundeisenstäben, ungefähr 2,5 cm vom Rande des 15 × 15 cm messenden Querschnitts entfernt. Die Pfosten wurden liegend gestampft. Der Beton wurde im Mischungsverhältnis 1:2:5 mit durchweg guten Materialien und sorgfältiger Arbeit gemischt. Der Kies ging noch durch ein $\frac{1}{2}$ zölliges Sieb. Bei der einen Versuchsreihe wurden die Pfosten nach der Herstellung vier Wochen unter Wasser gehalten und nach 60 Tagen erprobt. Die Versuchsausführung erfolgte nach Abb. 141. Das Gewicht G wurde durch einen Sack mit Schotter, 25 kg schwer, gebildet und hing an einem 2,7 m langen Seil. Je nachdem man das Gewicht mehr oder weniger ausschlagen ließ, desto größer oder kleiner war der Stoß. Die meisten Pfosten rissen in dem Punkt A . Es traten wohl zahlreiche Risse auf, ohne aber daß der Pfosten zerstört worden wäre. Das Ergebnis war, daß die Eisenbetonpfosten eine hohe Festigkeit aufwiesen und somit auch mit bezug auf diesen Umstand zur allgemeinen Verwendung empfohlen werden konnten.

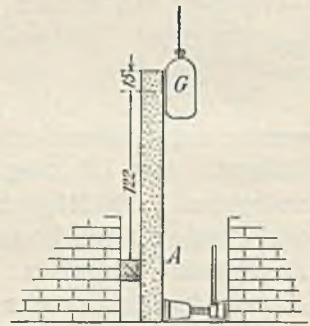


Abb. 141.

Als Typus einer Formmaschine sei diejenige der D. u. A. Post Mold Comp., Three Rivers, Michigan, beschrieben (Abb. 142 bis 144). Ein eisernes Gestell B in Abb. 143 ruht mit den Füßen A auf einem Rahmen, der aus zwei \square -Eisen C und zwei Flacheisen gebildet wird. Die beiden Winkeleisen B tragen aufrechte Stücke F , auf welche sich die Formen stützen, die zwischen ihnen eingelegt werden. Sind diese

einglegt (Abb. 142), so werden sie vorn mit Platten verschlossen, welche etwas vorstehen, um beim Abnehmen der Formen, die seitlich niedergelegt werden, als FüÙe zu dienen. Die Blechformen selbst sind von ungefähtrapezförmigem Querschnitt (Abb. 144), werden vor dem Gebrauch gut eingefettet, auf den Rahmen (Schüttler) (Abb. 143) gesetzt und mit nassem Beton ausgefüllt. Sie sind an dem einen Ende, das in den Boden kommt, breiter als an dem anderen. Die Bewehrung wird durch drei Flacheisen bewirkt, die in der in Abb. 144 sichtbaren Weise versetzt werden. Es geschieht dies mit Hilfe eines Greifers (*H* in Abb. 143), der die Flach-

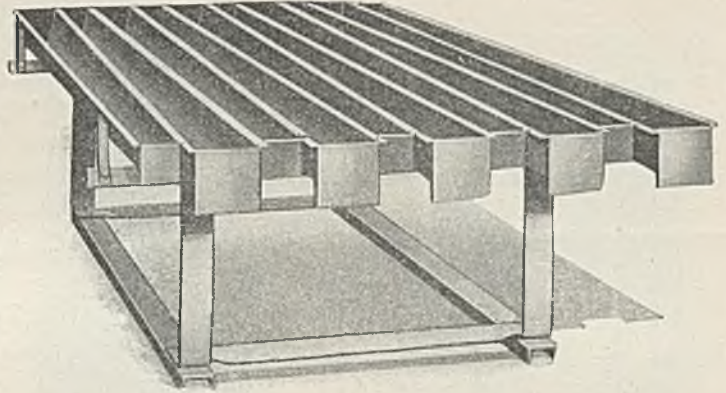


Abb. 142. Gestell für Pfostenerzeugung der D. u. A. Post Mold Co.



Abb. 144. Pfostenform.

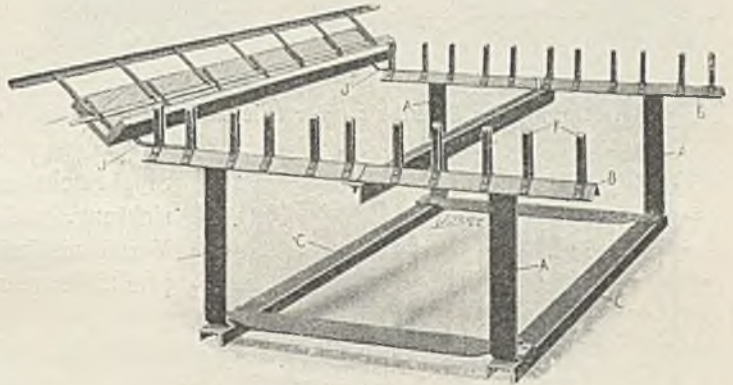


Abb. 143. Gestellrahmen.

eisen packt und beim untersten Eisen so tief versenkt wird, bis seine unteren Ansätze auf den Boden der Form anstoßen. Dann ist die Unterseite des Eisens 7 mm vom Rande des Pfostens entfernt. Vor dem Einbringen der Eisen wird der ganze Apparat ungefähtr 30 Sekunden geschüttelt, um alle Hohlräume zu verstopfen und so einen möglichst dichten Beton zu erzielen. Ist der Pfosten fertig, so wird er mit der Form aus dem Apparat genommen, auf den Boden gestellt und trocken gelassen. Spätestens nach 24 Stunden kann die Form entfernt werden. Zu diesem Zweck werden die vorstehenden Platten, welche die Form ein wenig zusammenpressen, entfernt, die Form lüftet sich etwas dadurch von selbst, und der Pfosten kann leicht herausgenommen werden. Die Art der Verbindung eines Drahtzaunes mit diesen Pfosten kann aus Abb. 145 ersehen werden. Die Kosten hängen natürlich von den Materialpreisen ab. Die Firma gibt für dortige Verhältnisse mit mittleren Preisen berechnet an, daß ein Pfosten auf 68 Pfennig zu stehen komme. Dabei ist ein Pfosten 2,10 m lang, 12,5 cm unten und 7,6 cm oben breit.

Die besonders leichte Herstellbarkeit sowie die vorteilhafte Eigenschaft solcher Pfosten, unter dem Angriff der Witterung nicht zu leiden, ja mit der Zeit noch an Festigkeit zuzunehmen, haben eine ganze Anzahl der verschiedenartigsten Formen, Ausführungsweisen und Anwendungen zeitig. Davon geben weiter die Abb. 146

bis 148 Zeugnis. Im letzteren Beispiel¹⁾ wird zusammengedrehter galvanisierter Stahldraht *a* verwendet einerseits für die Bewehrung, andererseits zur Bildung von Ösen,

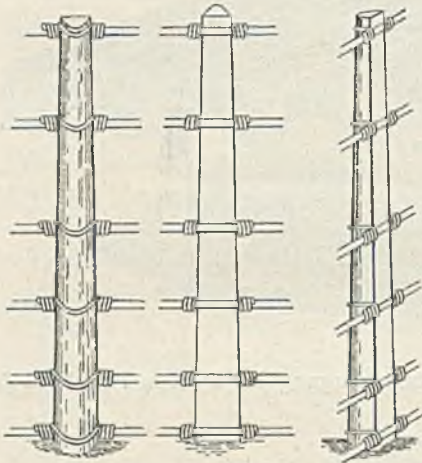


Abb. 145.

Befestigung des Drahtes an verschiedene Pfosten.

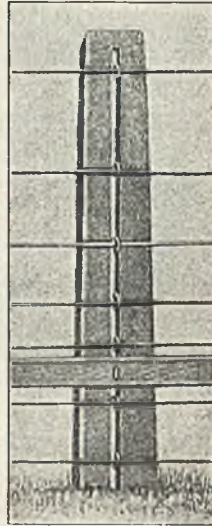


Abb. 146.

welche aus dem Pfosten herausstehen und durch welche die Drähte des Zaunes gesteckt werden. Für Lattenzäune werden zwei Ösen gemacht, wie *b* es zeigt. Die Pfosten können auch einigen Schmuck bekommen wie im Falle *c*. Für eiserne Zäune wird die Verbindung nach *d* angewendet. Die Kosten der einfachen Pfosten sollen sich nicht höher als 34 bis 64 Pfg. für 1 Stück stellen.

Eine andere, in jüngster Zeit vielfach in Gebrauch gekommene Maschine für die Herstellung von Betonpfosten ist die „Victor Concrete Fence Post Machine“ (Abb. 149).

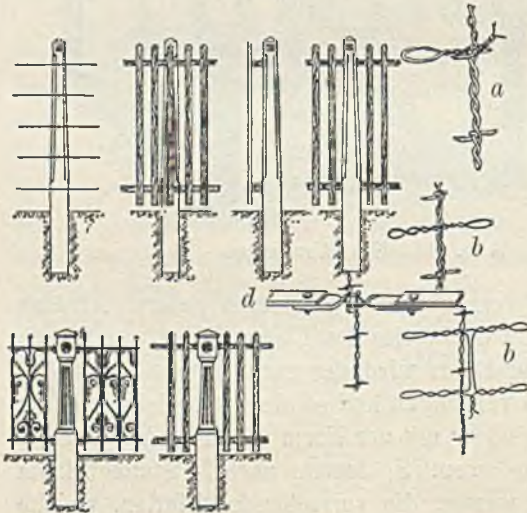


Abb. 148. Verschiedene Ausführungsarten von Gittern.

Sie besteht aus einer verbesserten Füllvorrichtung, welche das Material ins richtige Verhältnis bringt und es in einen Elevator preßt, der es aufzieht und in die Mischschale

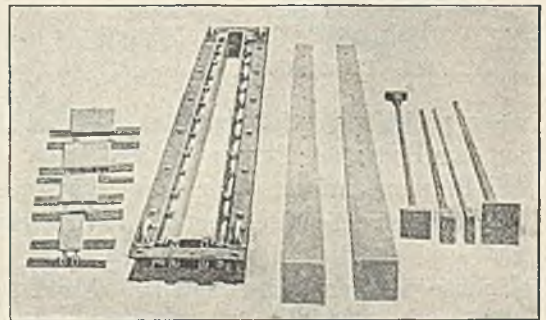


Abb. 147. Geräte und Formen für die Herstellung von Zaunpfosten.

wirft, wo es durch eine Anzahl von Schneiden erfaßt, durcheinandergearbeitet und tüchtig genäßt wird. An der Unterseite der Mischschale befindet sich ein Schieber, nach dessen Öffnung das Material in die bereitgestellte Form fällt, welche genau darunter zu stehen kommt. Diese Formen sind rund und werden aus Eisenblech erzeugt. Nachdem sie gefüllt sind, läßt man den Beton erhärten, und eine andere Form kommt an ihren Platz. Vier Formen, in denen die Eisenbewehrung der Pfosten bereits an Ort und Stelle ist, stehen auf einer Haspel, und zwar mit dem schmalen Ende nach unten.

¹⁾ Municipal Engineering, Mai 1905.

Es wird angegeben, daß die Formen 60 mal in der Stunde gefüllt werden können. Hierauf werden sie geschüttelt, um etwaige Hohlräume auszufüllen, und zwar soll dies 120 mal in einer Minute geschehen. Nach Fertigstellung kommen die Formen auf ein Gestell, und nach 12 bis 14 Stunden können sie entfernt werden. Die Pfosten läßt man dann noch einen Monat in Ruhe, bevor man sie in Verwendung nimmt. Mit dieser Maschine sollen drei Mann 200 Pfosten in einem Tage machen können, und es heißt, daß ein Pfosten von 2,10 m Länge, 12,5 cm im Durchmesser unten und 9 1/2 oben für 17 1/2 Cents (1 Cent = 4 Pfg.) erzeugt werden könne, wenn folgende Auslagen in Rechnung gestellt werden:

Beton	6 1/2 Cents
2 Pfund Eisenbewehrung	6 "
Arbeit und Maschine	5 "
	<hr/>
	17 1/2 Cents.

Es scheint, daß hier für Arbeit und Material etwas zu wenig eingesetzt wurde; immerhin würde auch hier der Betonpfosten sich günstiger stellen als ein Holzpfosten.

Die Abb. 150 zeigt einen Teil eines Zaunes, der jüngst in Swanscombe für die Associated P. C. Manufactures Ltd. errichtet wurde. Die laufenden Pfosten sind 1,80 m hoch und von quadratischem Querschnitt mit abgefaste Ecken. Die Eckpfosten sind 2,10 m lang und enthalten noch eine Strebe, die sich mit Hilfe einer an ihrem Ende befindlichen Platte gegen den Boden preßt. Abb. 151 gibt einen anderen solchen Eckpfosten wieder, und die Fußplatte ist hier deutlich zu sehen. Sie hat eine Fläche von 38 × 38 cm und ist 5 cm stark. Diese Eckpfosten werden 90 cm tief in weicheren, 60 cm in

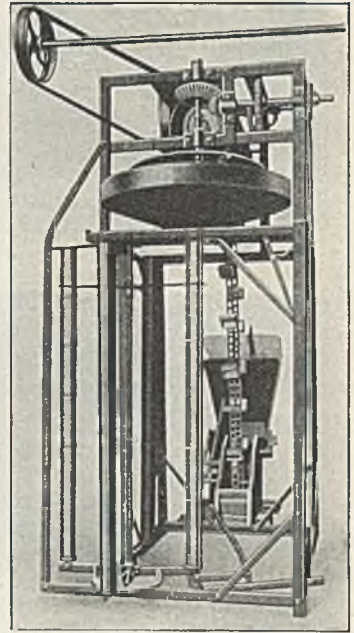


Abb. 149. „Victor Concrete Fence Post“-Maschine.

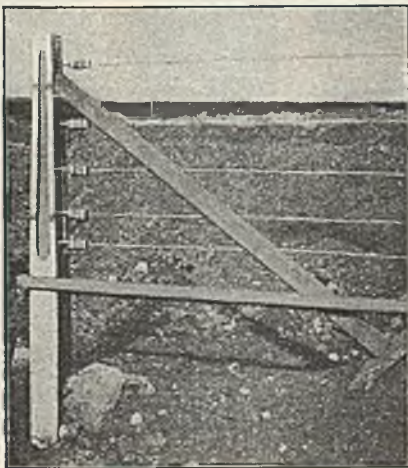


Abb. 150.

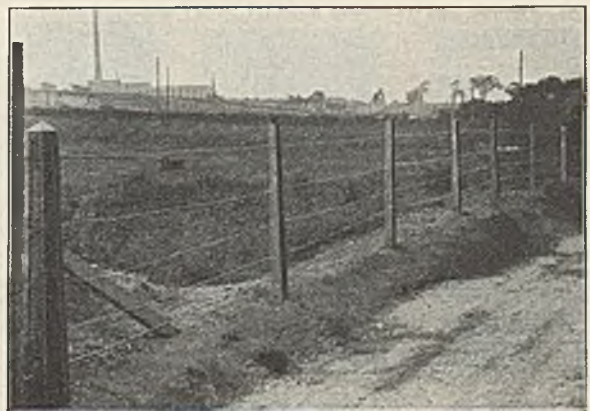


Abb. 151.

besseren Boden eingesetzt. Die Streben haben Abmessungen von 7,5 × 5 oder 7,5 × 7,5 cm. Die Bewehrung besteht meistens aus Streckmetall.

Die nächsten beiden Abb. 152 u. 153 geben eine andere, in England vielfach ausgeführte Form von Pfosten, die ohne Maschine, nur mit Hilfe einer passenden Form

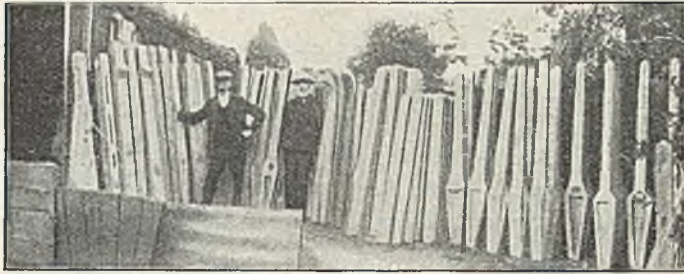


Abb. 152.

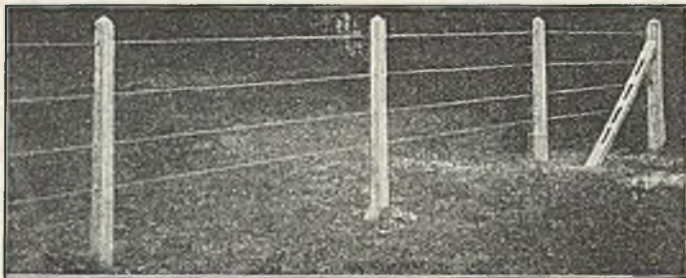


Abb. 153.

auch von ungelernten Arbeitern ausgeführt werden können. Das keilförmige Fußende, das auch eine Aussparung enthält, ermöglicht ein festes Sitzen des Pfostens in dem Boden. Die Abb. 153 zeigt auch die Anordnung eines Eckständers mit Strebe.

Eine andere Art derartiger Pfosten kommt unter dem Namen „Orkan“-Betonpfosten auf den Markt. Um den Verschleiß von Holz auch bei den Formen zu ersparen, konstruierte der Erfinder (Grähn in Berlin-Pankow) eiserne Formen, die sich leicht transportieren und leicht auseinandernehmen lassen.

Es bestehen solche Formen für gerade Pfähle für Längen bis 3,50 m, die konisch oder auch überall gleich stark sein können, weiter für Pfosten mit oberer runder Abbiegung, dann für Streben und schließlich für Pfosten mit oberer wagerechter Abbiegung. Die Abb. 154 bis 159 geben die einzelnen Formen wieder. Zur Herstellung des Betons verwendet man eine Mischung von 1:3 bis 1:4, in erdfeuchter Konsistenz und Rundeiseneinlagen von 6 bis



Abb. 154.



Abb. 155.



Abb. 156.



Abb. 157.

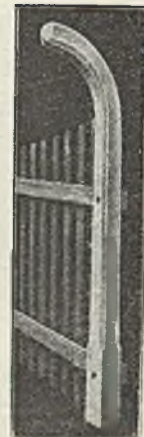


Abb. 158.



Abb. 159.

Abb. 154 bis 159. „Grähn“-Pfosten.

8 mm Stärke. Die Form liegt am Boden, am besten auf einem Bohlenbelag. Das Nützliche an diesen Pfählen ist insbesondere, daß sie sich für alle möglichen Zwecke verwenden lassen. Man kann sie ebensogut als Zaunpfosten, wie als Wäschepfähle, Signalstangen,

Wegweiser, Laternenpfähle usw. verwenden, wovon die beistehenden Abbildungen bereдtes Zeugnis geben. Aus solchen Pfosten wurde auch auf der Ausstellung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft die große Geflügelhalle gebaut. Für die Herstellung solcher Pfosten werden aus Interessentenkreisen nachstehende Ausmaße und Kosten angegeben.

Für einen 2 m langen Pfosten sind erforderlich:

25 l Sand (für 1 m ³ 2 Mark) . . .	0,05	Mark,
6,5 l Zement	0,32	"
8 m R.-E. 6 mm	0,29	"
1 m „ 8 mm	0,06	"
Arbeitslöhne	0,28	"
	<hr/>	
	1,00	Mark,

für das Lagern bis zur Bezahlung:

5 vH. Zinsverlust	0,05	"
Unkosten 25 vH.	0,25	"
	<hr/>	

insgesamt 1,30 Mark.

Natürlich werden sich diese Kosten häufig, sicher aber zu Beginn der Tätigkeit noch etwas erhöhen.

Solche und ähnliche Pfosten lassen sich auch mit Hohlräumen erzeugen.

Endlich sei noch der Betonzau auf der Gedney-Farm erwähnt, den Abb. 160 zeigt. Er schließt den Hof an der Südseite der Anlage ab und besteht aus Pfosten, zwischen denen wagerechte Eisenbetonbalken eingesetzt wurden.

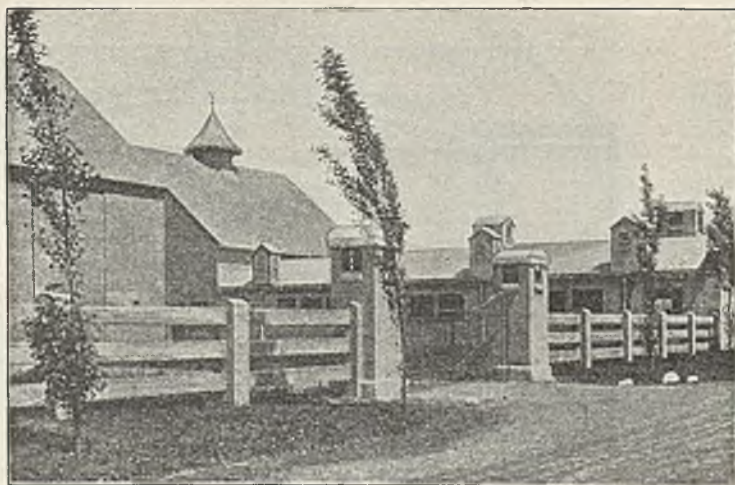


Abb. 160.

Diese haben 10 × 23 cm Querschnitt und sind 5 m lang. Der große Querschnitt wurde nur gewählt, um sie in Übereinstimmung mit der ganzen Anlage (s. die Abb. 17 bis 28) zu bringen. Ihre Bewehrung besteht aus 1/4 zölligen Eisen in jeder Ecke, welche mit ebenso starken Bügeln alle 60 cm verbunden sind. Zunächst wurden die Torpfeiler und die Pfosten an Ort und Stelle fertig gebaut und dann erst die Horizontalbalken zwischen die letzteren zu Rinnen eingesetzt, worauf diese vollkommen vergossen wurden.

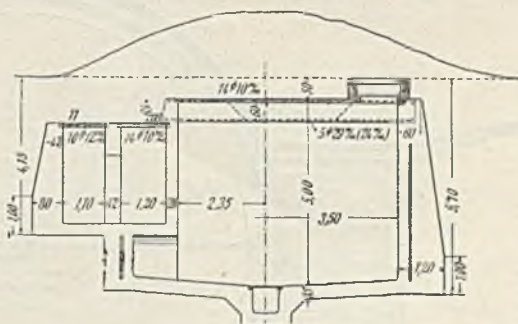


Abb. 161.

Schon bei Besprechung der Gebäude der Gedney-Farm wurde darauf hingewiesen, daß auch die Eiskeller¹⁾ in Eisenbeton und Beton erbaut wurden. Hohlmauern werden

¹⁾ S. a. B. u. E. 1919, Heft XI, S 246.

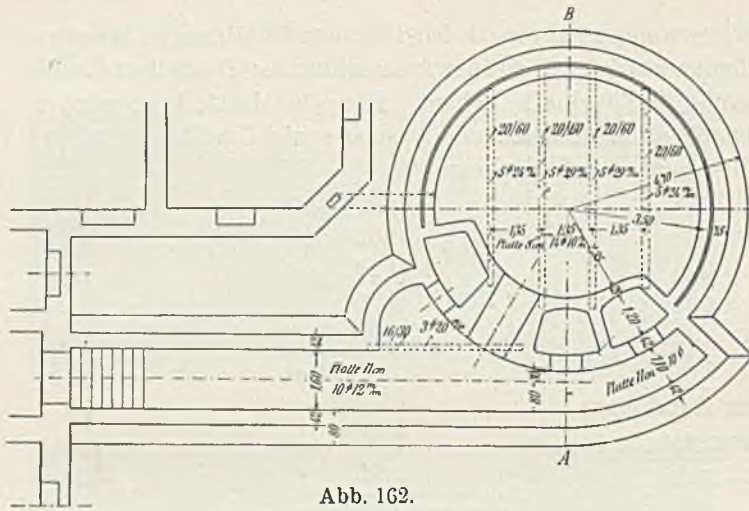


Abb. 162.
Grundriß zu Abb. 161.

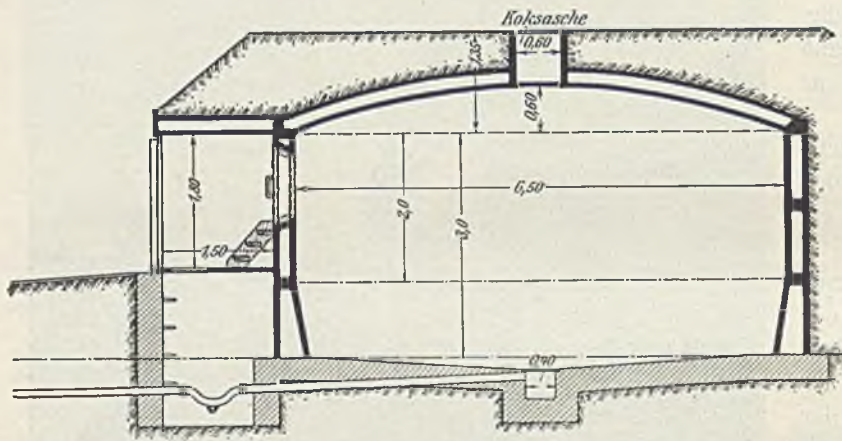


Abb. 163. Eiskeller für 100 m³ Inhalt.

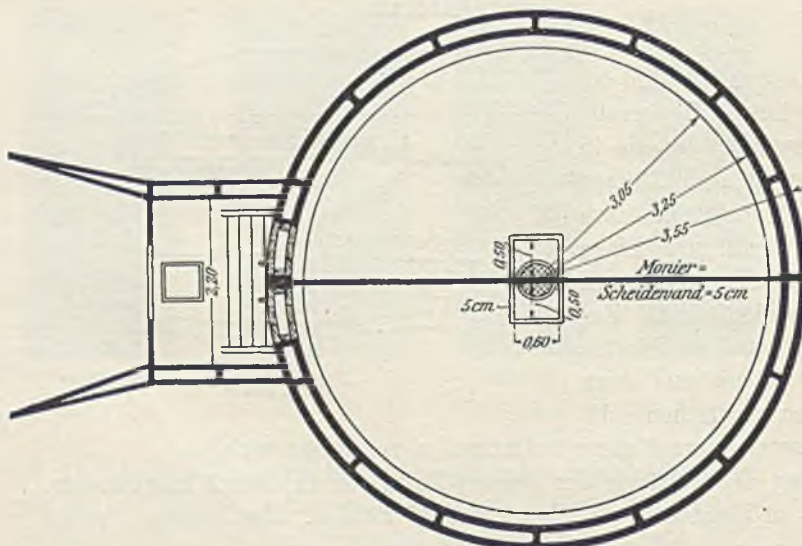


Abb. 164. Grundriß zum Eiskeller für 100 m³ Inhalt.

auch hier mit großem Vorteil angewendet. Ein hübsches Beispiel hierfür gibt der in den Abb. 161 u. 162 wiedergegebene Eiskeller, entworfen von Oberbaurat v. Emperger, ausgeführt von C. Fantolli in Bukarest. Das im Grundriß kreisförmige Bauwerk hat 7 m Durchm. und Betonmauern, die am Fundament 120, an der Spitze 60 cm stark sind. Die Abdeckung erfolgt durch eine Plattenbalkendecke, deren Balken 20 cm breit und 60 cm hoch sind und eine Zugbewehrung von 5 R.-E. 29 mm für die mittleren, 5 R.-E. 24 mm für die seitlichen Balken aufweisen. Die dazwischengespannte Platte hat 1,35 m Spannweite und ist mit 14 R.-E. 10 mm bewehrt bei 8 cm Stärke. Die gesamte Konstruktion kann aus den Abbildungen deutlich ersehen werden.

Bei fast allen Konstruktionen von Eiskellern moderner Art läßt sich das Bestreben erkennen, zwei voneinander getrennte Wände aufzuführen, deren Zwischenraum mit einem geeigneten Isoliermaterial ausgefüllt wird. Derartige, um einiges von einander

abstehende, parallel zueinander verlaufende und in gewissen Abständen miteinander verbundene Mauern aus Beton oder Eisenbeton aufzuführen, begegnet keinerlei Schwierig-

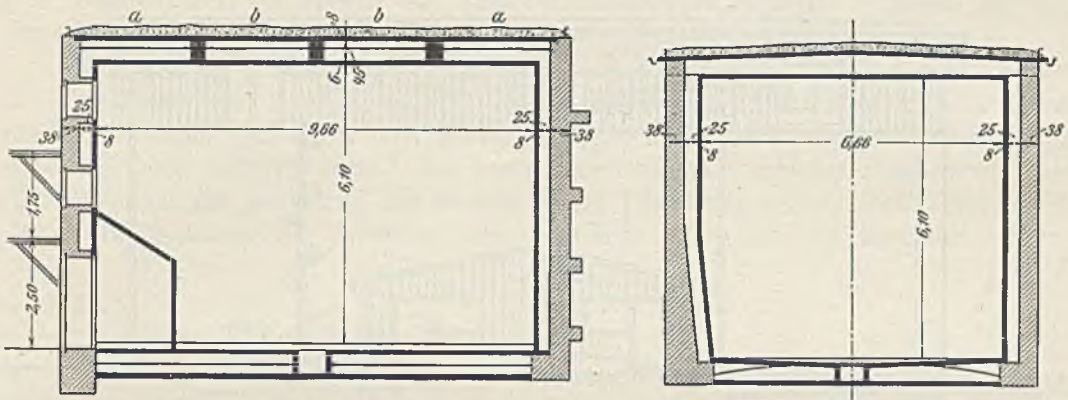


Abb. 165 u. 166. Eishaus in Mörchingen.

keiten. Bei Anwendung des Isoliermaterials ist darauf zu achten, daß nur trockenes Material zur Benutzung gelangt und daß natürlich schlechte Wärmeleiter, wie z. B. Torfmull, Kieselgur u. a., verwendet werden. Insbesondere Torfmull ist für diese Zwecke sehr geeignet, da sie ein sehr schlechtes Wärmeleitungsvermögen besitzt. Man braucht zur Ausfüllung von 1 m³ Raum rund 6 Zentner Mull, wobei eine feste Packung vorausgesetzt ist. Es soll nie verabsäumt werden, auch eine gute Isolierung des Fußbodens durchzuführen. Die folgenden Beispiele zeigen einige Eiskeller der Firma Wayss u. Freytag in Neustadt a. H. So zunächst in den Abb. 163 u. 164

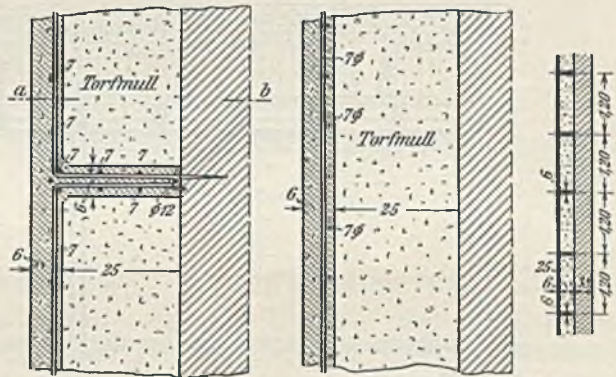


Abb. 167. Einzelheiten der Wandkonstruktion des Eishauses Mörchingen.

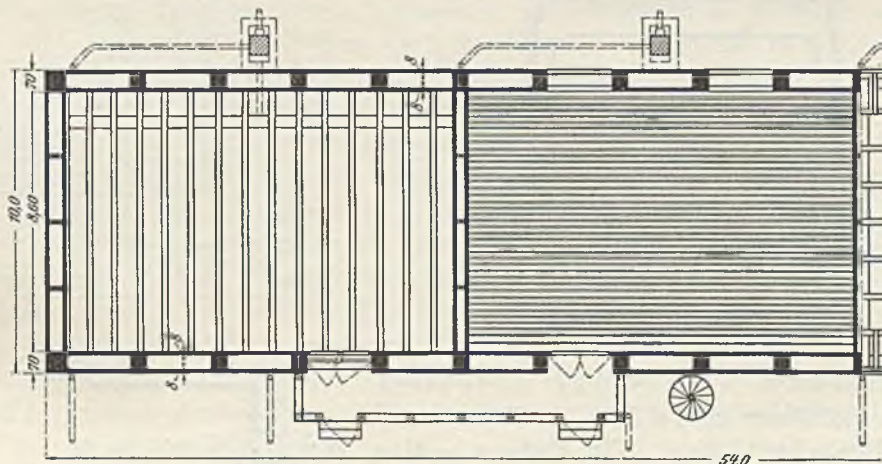


Abb. 168. Eishaus für Cuxhaven, Grundriß.

einen für 100 m³ Inhalt, ausgeführt mit kreisrundem Querschnitt und durchweg in Eisenbeton konstruiert Die Entwässerung erfolgt durch eine Rohrleitung, die das

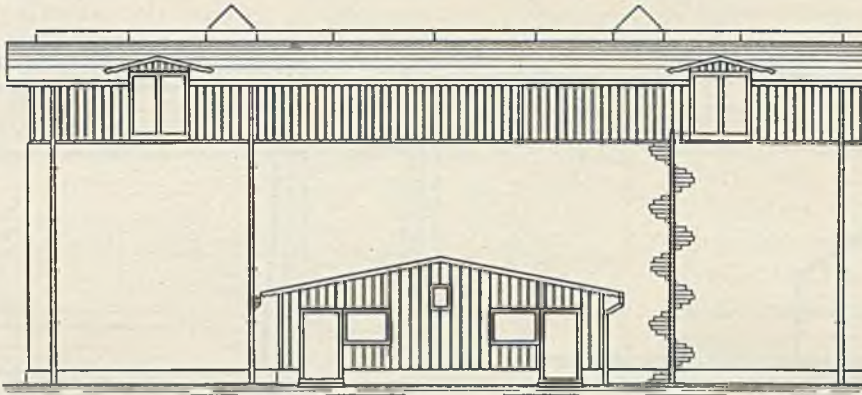


Abb. 169. Eishaus für Cuxhaven, Ansicht.

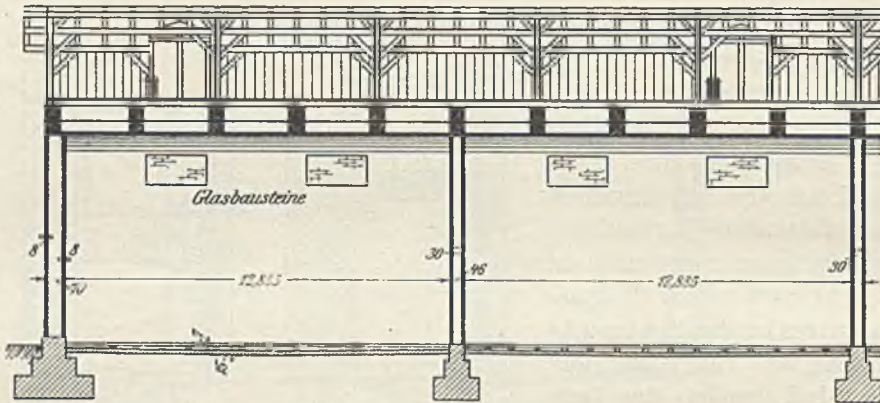


Abb. 170. Eishaus für Cuxhaven, Längsschnitt.

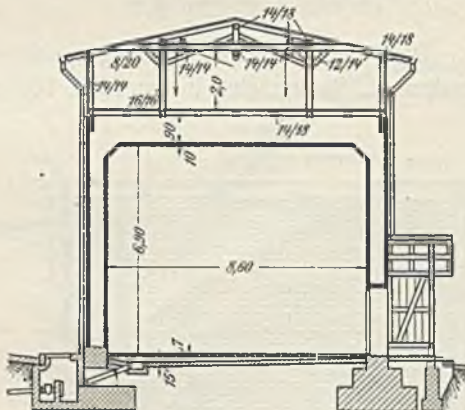
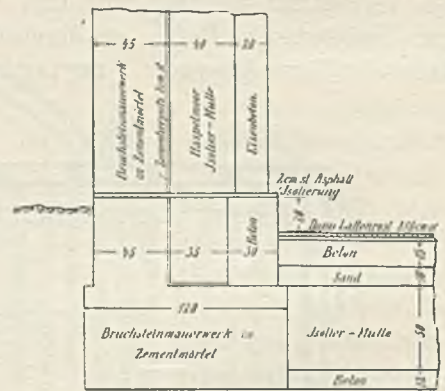


Abb. 171. Eishaus für Cuxhaven, Querschnitt.



Grundriss

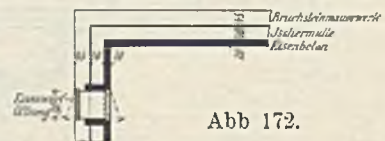


Abb 172.

Wasser nach außen zu ableitet. Der innere Durchmesser des Behälters mißt 6,50 m, die Höhe beträgt in der Mittelachse 3,60 m. Ein Eishaus in Mörchingen, wie es für größere landwirtschaftliche

Betriebe häufig erforderlich sein wird, zeigen die Abb. 165 u. 166 im Längs- und Querschnitt, während die Abb. 167 Einzelheiten der Wandkonstruktionen wiedergibt. Es ist eine Kombination von Ziegel- und Eisenbetonmauerwerk, letzteres natürlich für den eigentlichen Behälter zur Anwendung gelangt.

Eine größere Anlage zeigen schließlich noch die Abb. 168 bis 171 für ein Eishaus in Cuxhaven. Alle Einzelheiten sind aus den Abbildungen deutlich zu ersehen. Auch die in den Abb. 172, 173 u. 174 wiedergegebenen Beispiele¹⁾ betreffen Eiskeller, die durch Torfmull isoliert wurden. Ein besonderes Gewicht wurde bei allen diesen Ausführungen auf die Isolierung des Bodens gegen Erdwärme gelegt, weil sonst durch das Aufwärtssteigen der letzteren Schmelzverluste entstehen, die namhafte Größen

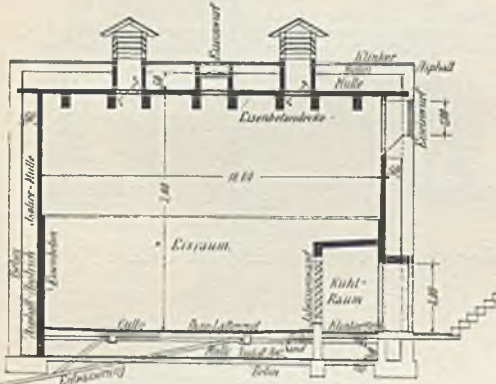


Abb. 173.

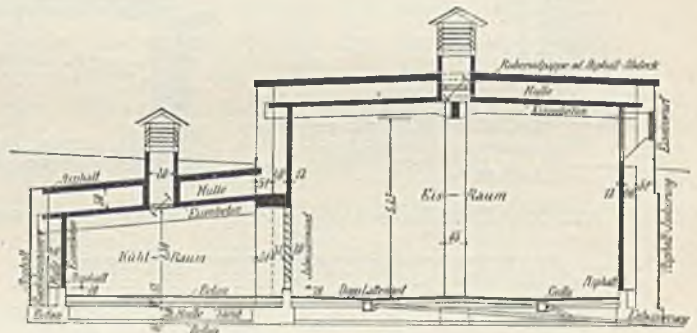


Abb. 174.

erreichen können. Die letztgenannten Beispiele zeigen eine besonders sorgfältige Durchführung dieser Bodenisolierung. Die Torfmull liegt nicht direkt zwischen den

beiden Betonschichten, sondern wird nach oben durch eine Lage Sand, nach unten, wenn das Aufsteigen von Erdfeuchtigkeit zu befürchten ist, durch eine Lage Dachpappe abgeschlossen. Alle Betonböden erhielten einen doppelten Lattenrost. Die letztangeführten Objekte rühren von der Firma „Bayrisches Torfstreu- und Mullwerk“ her. (Näheres hierüber siehe „Beton u. Eisen“ 1913, S. 246.)

Ein anderes für Eiskeller gut brauchbares Isoliermaterial ist Bimskies und Bimsbeton. Abb. 175 zeigt ein kleines Eishaus (Firma Joh. Heintges in Andernach) als schematische Darstellung für die Anwendung der Isolierung. Die in der Abbildung ersichtlichen Bimslavaplatten sind ein gut verwendbares Baumaterial, lassen sich nageln und mit dem Hammer leicht teilen. Von einer Verwendung solcher Platten zur Isolierung von Decken wurde schon eingangs dieses Kapitels gesprochen. Eine weitere Anlage wurde von der Firma Diss u. Co. in Udine ausgeführt und wird in den Abb. 176 u. 177 gezeigt. Bemerkenswert ist die gute Isolierung der Decke über dem Keller, die eigentlich eine normale Plattenbalkendecke mit 80 cm Rippendistanz ist. Durch Anhängung einer 7 cm starken Korkplattenlage entstehen Luftkammern, die vorzüglich isolieren. Nach abwärts wird die nunmehrige Hohldecke durch eine mit der Korkschicht zusammenhängende Eisenbetonplatte begrenzt, nach oben hin erhält sie einen 2 cm starken Asphaltbelag. Die Aufhängung der Eisenbetonkorkplatte erfolgte mit Hilfe von dünnen Bügeln aus verzinktem Draht, die in die Balken der Platten-

¹⁾ Beton u. Eisen 1913, Heft XI, S. 245.

balkendecke eingelassen wurden. Die Decke wurde für eine Belastung von 1400 kg für 1 m² berechnet.

Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß sich die Anwendung des Eisenbetons im landwirtschaftlichen Bauwesen auch auf alle jene Objekte erstreckt,

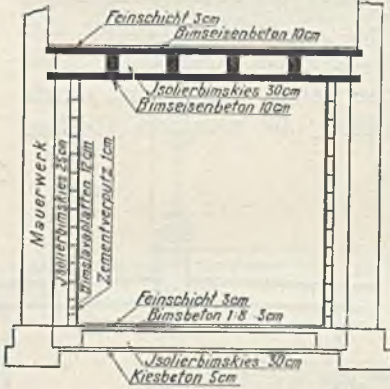


Abb. 175. Eiskeller in Andernach.

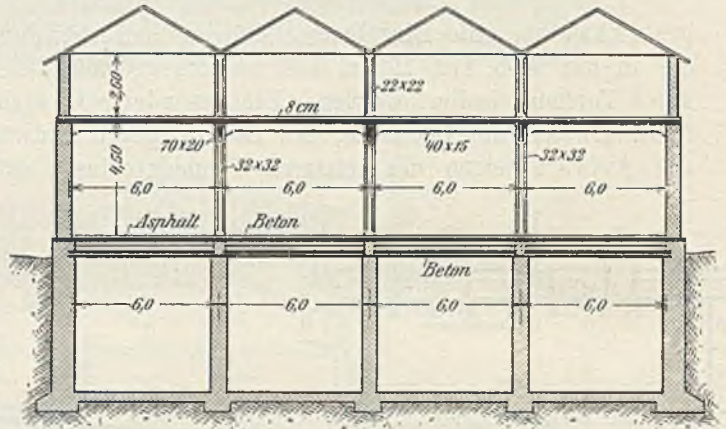


Abb. 176. Eiskeller und Speicher-Anlage in Udine.

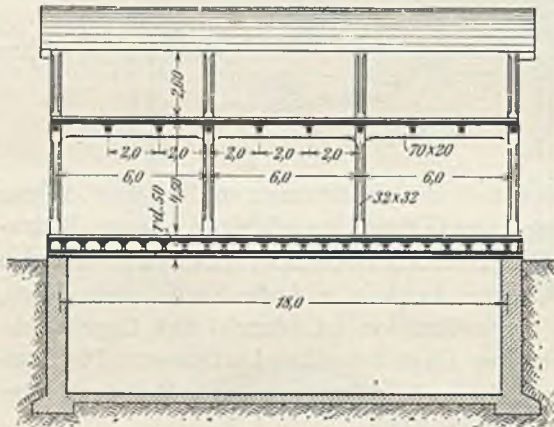


Abb. 177. Eiskeller und Speicher-Anlage in Udine.
Längenschnitt.

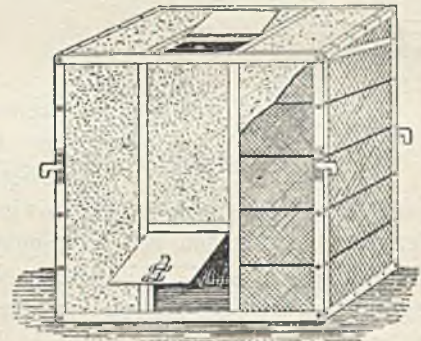


Abb. 178. Müllkasten.

die hier nicht besonders durch Beispiele belegt worden sind. Doch sei noch kurz auf die Herstellung von Müllkästen aus Eisenbeton hingewiesen, wie sie Abb. 178 deutlich vor Augen führt. Daß mit ihrer Herstellung gewisse Vorteile erreicht werden, ist ja einleuchtend. Sie sind für einen Fassungsraum von rund 1 m³ eingerichtet. Die Ecken sind aus Winkeleisen gebildet, welche zwischen sich ein Drahtgeflecht aufnehmen, das noch alle 25 cm durch wagerechte Drähte versteift ist. Statt dessen kann man auch Streckmetall verwenden. Das Eisengerippe wird nun mit Zementmörtel von innen und außen angeworfen, so daß eine Stärke von 3 cm resultiert. Die im Bilde sichtbaren Flacheisenhaken dienen für den Fall des Transports solcher Kästen, indem sie durch daruntergesteckte Stangen gehoben und weggeführt werden können.

Auch für Pökelkästen Beton und Eisenbeton zu verwenden, wurde schon versucht, um dem Verderben der Fässer zum Einpökeln von Fleisch aus dem Wege zu gehen. Diese Pökelkästen stellen einen rechteckigen Kasten vor, der durch zwei Wände in

drei Kammern geteilt ist. Die beiden äußeren dienen zum Einlegen von Fleisch, während die innere als Eisbehälter benutzt wird. Diese Abteilungswände werden natürlich recht dünn als Rabitzwände erzeugt, die Wände können stärker sein. Zum Abfluß des Eiswassers wird dicht über dem Boden eine Öffnung angeordnet, die entsprechend verschlossen wird. Auch zur Entfernung der Pökelsole werden Abflußöffnungen vorgesehen.

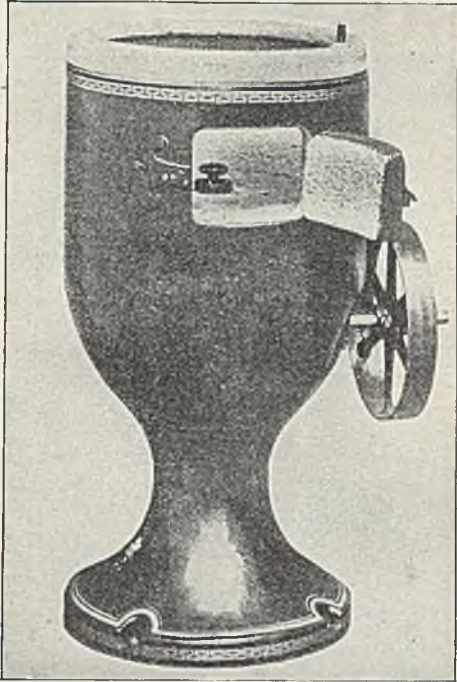


Abb. 179. Kartoffelschäl-Apparat.

Als ein merkwürdiges Produkt der Anwendung von Eisenbeton in der Landwirtschaft ist ein Apparat zu bezeichnen, wie ihn Abb. 179 vorstellt und der als Kartoffelschälmaschine benutzt wird. Der hier zur Anwendung gelangte Gedanke ist originell und besteht darin, die wie in einer Zentrifuge rotierenden Kartoffeln gegen die rauhen Wände des Betonkörpers zu schleudern, so daß sie sich dort abschürfen und dann „geschält“ den Apparat verlassen können (Bulletin of the Universal Portland Cement Co.). Die Maschine hat die Form einer Urne, die innen mit einer drehbaren Scheibe versehen ist, welche durch ein Triebwerk angetrieben und gedreht werden kann. Auch diese Scheibe ist rauh gelassen. Ein halbpferdiger Motor liefert die Betriebskraft und verursacht 600 Umdrehungen in der Minute. Während der Drehung der Scheibe wird auch Wasser in die obere Öffnung gespritzt und nach kurzer Zeit die seitliche Öffnung auf-

gemacht, durch welche die Kartoffeln in einen eigenen Behälter hinausgeschleudert werden. Es wird diesem Apparat nachgerühmt, daß er sehr sparsam arbeitet und daß kein Verlust möglich ist wie beim Schälen von Hand aus, abgesehen von der großen Ersparnis an Zeit und Arbeitskraft. Natürlich muß man hier ebenso wie z. B. in

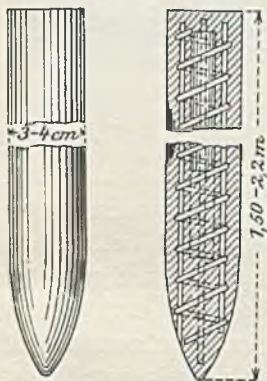


Abb. 180. Weingartenstöcke.

den Obstverwertungsanstalten, wo das Schälen der Äpfel usw. mit Maschine geschieht, die tiefersitzenden Augen und sonstige unregelmäßig geratene Stücke von Hand aus mit dem Messer ausbessern, was aber nichts auf sich hat. Für die Herstellung des Apparats wurde eine zerlegbare eiserne Form benutzt mit entsprechenden Kernstücken zur Erzeugung der Hohlräume. Um die Innenfläche rauh zu erhalten, wurde sie nach dem Erhärten noch mit Stahlbürsten abgerieben.

Schließlich möge auch Erwähnung getan werden der patentierten Weingartenstöcke aus Beton¹⁾ (Abb. 180). Dieselben Gründe wie bei den Pfosten — Mangel an Holz, kurze Haltbarkeit des Holzrebenstockes — haben auch hier die Anwendung des Eisenbetons gefördert. In den Betonstock ist eine Drahtspirale eingefügt, die die Festigkeit des Stockes bedeutend erhöht; oben ist der Stock ausgehöhlt. Ein Umwechselln, Zuspitzen oder irgend eine Reparatur oder Neuanschaffung entfällt vollkommen. Ein Betonstock

¹⁾ Siehe B. u. E. 1907.

gibt auch den Rebenschädlingen keine Gelegenheit, sich anzusetzen. Die Rebenstöcke werden in einer Länge von 150 cm bei einem Durchmesser von 3 cm oder 220 cm lang mit 4 cm Stärke hergestellt. Die kleineren kosten ab Fabrik 25, die größeren 35 Heller das Stück. Solche Rebstöcke sind vielseitig, insbesondere in der Pfalz in Verwendung gekommen. Man kann sie übrigens wie gewöhnliche dünne Eisenbetonpfosten herstellen (siehe B. u. E. 1912, Heft XV bis XVIII).

Eine sehr zweckmäßige Anwendung des Eisenbetons ist in Abb. 181 dargestellt, welche die Zwischenstützen betrifft, die für die Luftseilbahn eines Gipswerkes in Kienberg (Schweiz) errichtet wurden. Wie die Schweizerische Maschinenbau-Zeitung 1907 berichtet, sind diese Zwischenunterstützungen bewehrte Betonständer, in Höhen von 11,5 m (2 Stück), 11,1 m (1 Stück), 10 m (6 Stück), 8 m (2 Stück) und 6 m (2 Stück) ausgeführt. Man hat Betonpfeiler mit Rücksicht auf die Solidität und Wetterbeständigkeit gewählt. Eiserne Ständer wären vielleicht etwas billiger gewesen, doch erfordern diese eine andauernde Kontrolle, da das Arbeiten der Seile immerhin eine Lockerung der Niete mit der Zeit herbeiführen könnte; überdies ist spätestens alle drei Jahre ein neuer Anstrich erforderlich, der ziemlich hohe Kosten verursachen würde. Die Ständer haben T-förmigen Querschnitt und sind durch zwei übereinanderliegende bewehrte Betonträger verbunden, deren untere ebenfalls T-förmigen Querschnitt aufweisen, deren obere aber quadratisch sind.

Eine weitere interessante Anwendung zeigt der bewehrte Beton bei der Anlage von Zuchtweiher für Forellen, wie ein solcher in der Zeitschrift B. u. E. 1912 beschrieben ist. Die junge Forelle braucht für ihr Gedeihen klares, kaltes Quellwasser, das für die Aufzucht der Fischlein in entsprechenden Teichen aufgefangen und festgehalten werden muß. Da die Zucht von Forellen dermalen infolge der günstigen Marktverhältnisse viel mehr gepflegt wird, ist es eine dankbare Aufgabe, die erforderlichen Teichanlagen auszuführen und wegen der Brauchbarkeit hierzu Eisenbeton zu verwenden, da, wie man ja weiß, allerhand Behälter aus Eisenbeton sich stets bestens bewährt haben. Der neue Weiher, der hier beschrieben ist und zur Fischzuchtanstalt Nußloch bei Heidelberg gehört, hat eine Länge von 25 m und eine Breite von 11 m. Durch fünf querlaufende Zwischenräume wird er in sechs Bassins geteilt, deren jedes getrennten Zu- und Abfluß aufweist. Für die Herstellung befestigte man zunächst den weichen Boden mit Bruchsteinen, so daß eine gute Unterlage für den Beton geschaffen war. Dann verlegte man kreuzweise 8 mm-Rundeisen, die zum Teil auch in die Vouten der Wände hineinragen und so eine feste Verspannung sichern. Außer dieser

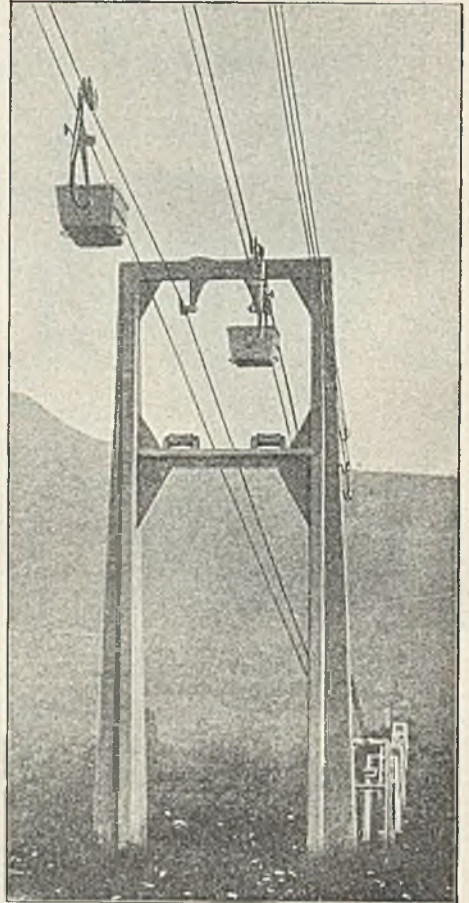


Abb. 181.

Einlage erhielt der Boden aber noch ein dünnes Drahtgeflecht über seine ganze Ausdehnung zur Sicherung gegen unliebsame Risse. Sodann wurde der Beton in einer Stärke von 5 cm und in der Mischung 1 : 5 eingebracht und gut gestampft. Die Zwischenwände sind 1,20 m hoch, an den Stellen, wo sie mit Vouten an den Boden anschließen,



Abb. 183.



Abb. 185.

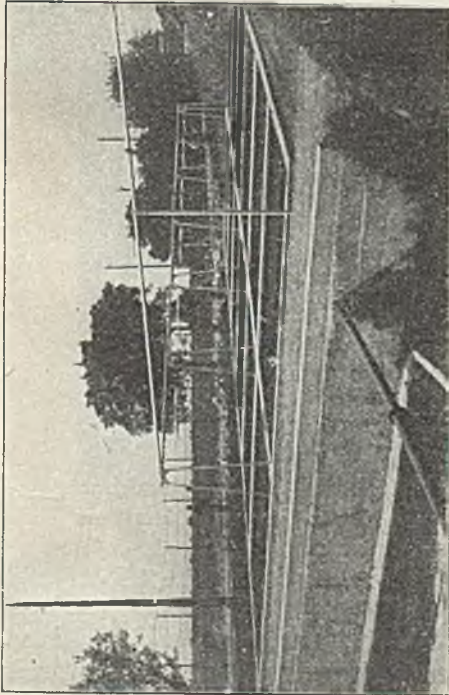


Abb. 182.

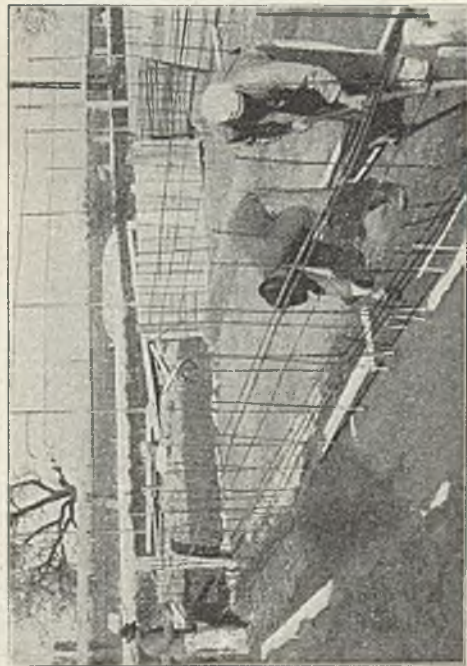


Abb. 184.

Weiber in Eisenbeton.

12 cm, an ihrem oberen Ende 8 cm stark und tragen hier einen beiderseits ausladenden Laufsteg aus Eisenbeton von 35 cm Breite. Zur weiteren Versteifung wurde noch eine weitere Querrippe angeordnet, die alle Abteilungswände miteinander verbindet; hierdurch wurde eine zu große Beanspruchung der Querwände bei einseitigem Wasserdruck

vermieden. Durch diese Herstellungsart erzielte man, daß alle Behälter auch während des Betriebes begehbar wurden und kontrolliert werden konnten. Nach Fertigstellung erhielten die Wände einen Zementglattstrich zur vollkommenen Wasserundurchlässigkeit.

An übriger Ausstattung erhielten die Weiher Zu- und Ablaufleitungen, Ventile, Überläufe usw. Nicht unerwähnt soll bleiben, daß nach Fertigstellung und Ausrüstung der Wände diese noch einige Tage feucht erhalten bleiben müssen und dann erst langsam trocknen dürfen. Dadurch wird der für die Fische schädliche Ätzkalk, den der frische Beton ausscheidet, durch längeres Aussetzen der Luft unschädlich gemacht. Hierfür sind je nach der Jahreszeit drei bis sechs Wochen erforderlich.

Die Abb. 182 bis 185 zeigen eine Weiheranlage für ganz kleine Forellen.

Auch auf den übrigen Gebieten der Landwirtschaft kann Beton zweckmäßig mit großem Vorteil verwendet werden. Hier sei nur noch auf eine merkwürdige Wahrnehmung aufmerksam gemacht, die die Verwendung von Zementröhren für die Bewässerung von Obstbäumen betrifft. Es zeigte sich nämlich, daß Obstbäume desselben Gartens, die durch Zementröhren bewässert wurden, bedeutend besser gediehen als



Abb. 186. Auskratzen und Ausmeißeln eines hohlen Baumes.



Abb. 187. Versteifen des Hohlraumes durch Eisenklammern.

jene, für die gewöhnliche Drainröhren verwendet wurden. Die Zusammensetzung der Drainröhren bestand aus 1 Teil Zement, 2 Teilen Thomasmehl und 2 Teilen Sand. Es ist möglich, daß insbesondere bei Verwendung von grobkörnigem Thomasmehl statt Sand ein Phosphorvorrat dem Boden zugeführt wird, der nur ganz langsam aufgezehrt wird und das Gedeihen der Bäume günstig beeinflußt. Weitere Erfahrungen stehen aber noch aus.

Eine merkwürdige Verwendung des Betons und Eisenbetons, wenn auch nicht zu tragenden Bauteilen, so doch als Stütze, Halt- und konservierendes Füllmaterial,

ist versucht worden, um hohl gewordene Bäume vor weiterer Verderbnis zu schützen. Es ist eine Art Plombierung, die vorgeschlagen und zum Teil schon durchgeführt wurde. Durch diese Methode ist es möglich, Bäume mittleren Alters nicht nur vor dem raschen Zu-



Abb. 188. Bewehrung des Hohlraumes vor der Zubetonierung.

grundegehen zu bewahren, sondern ihnen damit auch ihre ursprüngliche Lebensfähigkeit zum größten Teil wiederzugeben. Es genügt hierbei nicht, den Hohlraum bloß mit Beton auszufüllen, weil in diesem Falle sich bei der ersten Gelegenheit die Ausfüllung von dem Holze ablöst und auch in feinen Furchen das Wasser Zugang findet, um der weitergehenden Fäulnis Vorschub zu leisten. Das Wesentliche der Methode liegt darin, dem Wasser den Zugang zu den angegriffenen Stellen zu verwehren. Alle weich gewordenen Holzteile müssen sorgfältigst entfernt und bei der Ausfüllung schon Rinnen vorgesehen werden, in denen das Wasser ablaufen kann. In die Höhlung werden Eisenklammern versetzt, welche dem Baum eine gewisse Stabilität verleihen. Dann wird der Baum am ganzen Umfange der Höhlung mit Nägeln bespickt, an welchen ein Netz aus dünnen Eisendrähten gespannt wird, das als Bewehrung für den nunmehr einzubringenden Beton dient. Letzterer wird sehr naß angemacht und nach erfolgter Ausfüllung in der ursprünglichen Form des Baumes verstrichen. Die Abb. 186 bis 188 zeigen einige Fälle, in denen mit Erfolg eine derartige Konservierung der Bäume durchgeführt wurde.

Wie nutzbringend die Verwendung von Beton auch für große Fabrikbetriebe werden kann, mögen zum Abschlusse die Abb. 189 u. 190 zeigen, welche die Rübenschwemmkanäle der Zuckerfabrik in Kojetein (Mähren) in Schnitt und Ansicht dar-

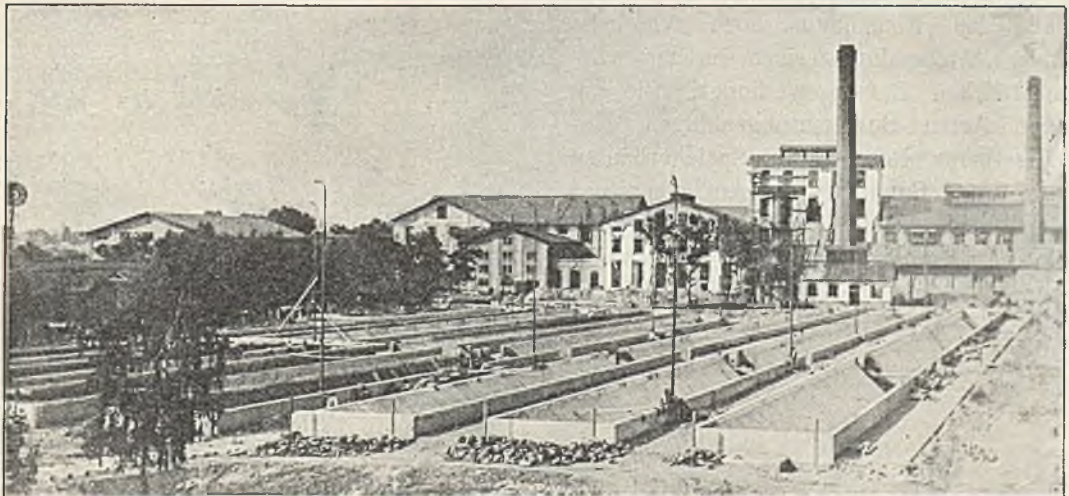


Abb. 189. Rübenschwemm-Anlage einer Zuckerfabrik.

stellen, wie sie von der Betonbaufirma B. Fischmann u. Co., Brünn seit Jahren ausgeführt werden. Die Rüben werden direkt in die Betongräben geworfen, nachdem sie zur Fabrik gefahren sind, wo sie auf der Abdeckung eines Kanals liegen bleiben, der den untersten Teil des Grabens bildet und mit der Fabrik in Verbindung steht. Die Abdeckung des Kanals, der von Wasser durchströmt wird, besteht aus einzelnen, leicht entfernbaren Teilen. Sollen die Rüben in die Fabrik geschwemmt werden, so öffnet ein Arbeiter zunächst die Kanalöffnung und zieht das erste Brett der Kanalabdeckung weg. Die Rüben fallen dann selbsttätig in den Kanal, werden vom Wasserstrom erfaßt und in die Fabrik geschwemmt, wo sie vom groben Schmutz gereinigt ankommen. Sind genügend Rüben heruntergefallen, so zieht der Arbeiter ein weiteres Stück der Abdeckung weg, es fallen wieder Rüben herunter, werden fortgeschwemmt usw. Durch diese Anordnung wird außerordentlich an Arbeitskraft gespart. Zwei Arbeiter sind imstande, in einem Tage 120 Waggons Rüben auf die geschilderte Weise zu verarbeiten.

Dieser kurze Überblick kann die vielen Anwendungen des Eisenbetons im landwirtschaftlichen Bauwesen nicht erschöpfen, er ist aber vielleicht geeignet, Interessenten zur Anwendung von Beton und Eisenbeton anzuregen.

Es möge nur noch bemerkt werden, daß der Eisenbeton noch vielfache andere Anwendungsweisen im landwirtschaftlichen Bauwesen findet, wie zu allen Arten Bewässerungsanlagen, Kanalisationen, Reservoirs, Speicherbauten usw. Im V. Bande, zweite Auflage dieses Handbuches sowie in diesem Bande sind diese Kapitel eingehend behandelt, worauf besonders aufmerksam gemacht wird.

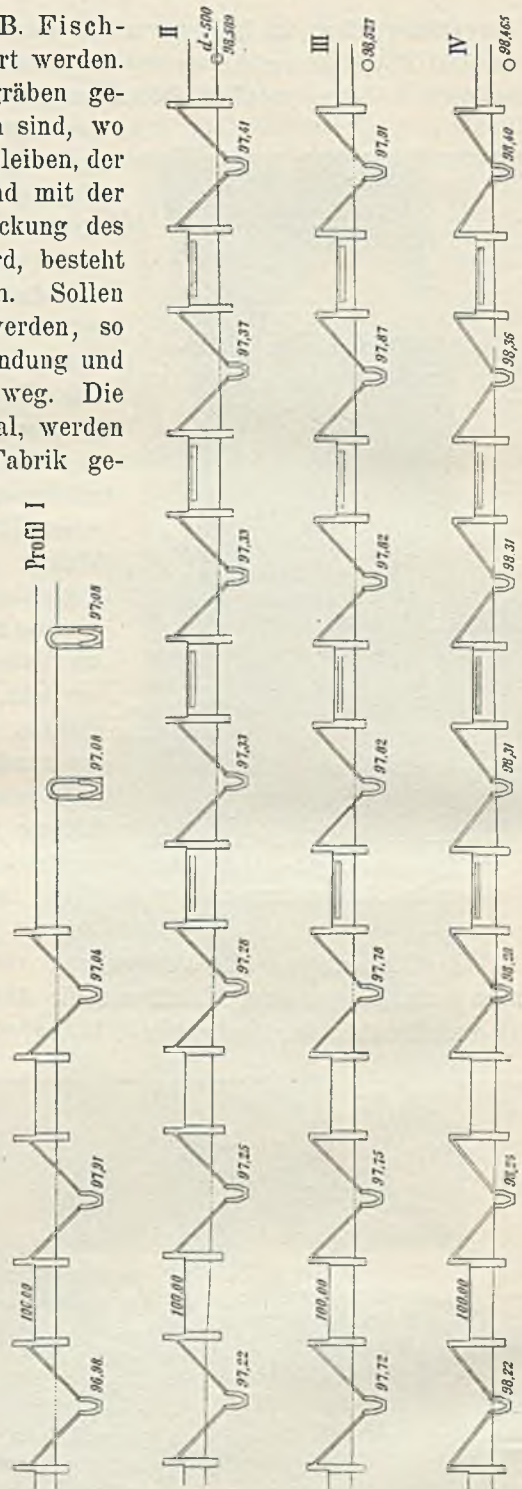


Abb. 190. Rübenschwemm-Anlage einer Zuckerfabrik.

SACHVERZEICHNIS ZUM XII. BANDE.

Bearbeitet von Stadtbaurat a. D. E. Brugsch,
Professor an der Technischen Hochschule in Hannover.

Die Ziffern bedeuten die Seitenzahlen.

- Abteilungswände** aus Eisenbeton im Stallgebäude der Firma Sutton u. Co., Darstellung und Beschreibung ihrer Einzelheiten 224.
- Abzapfen** der Kohle, Beschreibung des Vorganges beim Eisenbeton - Kohlenspeicher der Berliner Gaswerke in Tegel (170 000 t) 105.
- Abzapföffnungen**, Beschreibung und Darstellung ihrer Anordnung im Eisenbetonkohlenspeicher der Berliner Gaswerke in Tegel (170 000 t) 105.
- Ätzkalk**, Unschädlichmachung des für Fische schädlichen — bei Zuchtweihern aus Eisenbeton 266.
- Anlage**, Ansicht der fertigen — der Erztaschenanlage aus Eisenbeton in Hattingen ($12 \times 3580 \text{ m}^3$) (Abb.) 84.
- , Darstellung der fertigen — des Getreidesilos aus Eisenbeton von Sampierdarena (14 000 t) 137.
- Ansicht**, Darstellung der — des fertigen Eisenbetongetreidespeichers am Teltowkanal ($21 000 \text{ m}^3$) 157.
- der Erztaschenanlage aus Eisenbeton in Hattingen während der Ausführung ($12 \times 3580 \text{ m}^3$) (Abb.) 84.
- der fertigen Trichter bei dem Eisenbetongetreidesilo für die von Bennigsensche Mühle, Banteln 136.
- des Eisenbetongetreidesilos für die von Bennigsensche Mühle, Banteln, nach seiner Vollendung 136.
- Anthrazit**, sein spezifischer Druck auf senkrechte Silowände bei horizontaler Oberfläche, Zahlenangaben 7.
- , Tabelle seines Gesamtdruckes auf senkrechte, glatte und rauhe Silowände bei horizontaler und geneigter Oberfläche 11.
- Arbeiterwohnhaus** aus Eisenbeton auf dem Forstgut Lopau, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Schnitte 203.
- Arbeitsvorgang** bei der Herstellung des Eisenbetonsand-silos der Peerleß Brick Co. (1685 m^3), seine Beschreibung 107.
- Architektonische Wirkung**, Beschreibung der Erzielung einer — bei dem Eisenbetongetreidesilo für die Kunstmühle Worms (3000 t) 127.
- Asche**, ihr spezifischer Druck auf senkrechte Silowände bei horizontaler Oberfläche, Zahlenangaben 7.
- Aschensilo**, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 163.
- Asche**, spezifisches Gewicht und Böschungswinkel 23.
- , Tabelle ihres Gesamtdruckes auf senkrechte, glatte und rauhe Silowände bei horizontaler und geneigter Oberfläche 14.
- Atlantic, Stadt** —, Eisenbetonkohlenbehälter der — ($365 600 \text{ kg}$), seine Darstellung und Beschreibung 106.
- Ausführungszeit** bei Herstellung des Eisenbetonkohlenspeichers der Berliner Gaswerke in Tegel (170 000 t), Zahlenangabe 106.
- Auslauftrichter**, Darstellung seiner Untersicht bei dem Eisenbetonsilo der Illkircher Mühlenwerke (50000 Sack) 146.
- Ausschalung**, Ansicht des Eisenbetonerzsilos Düdelingen vor der Ausschalung (Abb.) 72
- Außenmauern**, Darstellung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetongetreidesilo der Illkircher Mühlenwerke (50000 Sack) (Abb.) 146.
- Bäume**, Beschreibung und Darstellung der Verwendung von Eisenbeton als konservierendes Füllmaterial bei hohlen — 266.
- Bau**, Ansicht des fertigen Baues des Eisenbetonerzsilos Düdelingen (Abb.) 73.
- Bauausführung**, Darstellung der Kohlenwäsche aus Eisenbeton für die Grube Peissenberg während der — 91.
- , Darstellung des Eisenbetonkohlensilos im Gaswerk Zürich-Schlieren während der — 90.
- , Gesamtansicht des Kohlensilos aus Eisenbeton für das Gaswerk Fürth i. B. während der Bauausführung (Abb.) 88.

- Bauholz, Reibungswinkel von Kohle, Asche, Sand auf Behälterwänden aus — 24.
- Baukosten des Eisenbetongetreidespeichers Danzig (11 000 t), Zahlenangabe 133.
- Bauvorgang, seine Beschreibung bei der Herstellung eines Eisenbetonstallgebäudes 201.
- , — Zuchtweihers aus Eisenbeton für Forellen 264
- Bauzeit des Eisenbetonzementsilos in Genua (2900 t), Zahlenangaben 111.
- für die Herstellung des Eisenbetonerzsilos Maizières, Zahlenangabe 64.
- , ihre Angabe bei dem Eisenbetongetreidespeicher Danzig (11 000 t) 133.
- Bayerleinsche Spinnerei, Bayreuth, Kohlenbunker aus Eisenbeton im Kesselhaus (120 t), seine Darstellung und Beschreibung 88.
- Behälterböden, kugelförmige — Berechnung der Meridian- und Ringkraft 18.
- , — Berechnung der Säulenbeanspruchung bei einem — — durch Vertikallast und Winddruck 22.
- , Darstellung ihrer Bewehrung bei einem Eisenbetonfeinkohlenturm 100.
- , polygonale — von Silos, rechnerische Größe des Füllmassendruckes 6.
- Behälterbodenring, Biegungs- und Drehmomente eines kugelförmigen — 18.
- , Querkraft eines kugelförmigen — 22.
- Behälterböden von Silos, Berechnung kegelförmiger — bei horizontal abgeglicherer Füllung 16 u. f.
- Belastung, ihre Ermittlung für die Berechnung von Silozellenwänden als auf drei Seiten gehaltenen Platten 45.
- Belastungsannahmen für die Berechnung eines Eisenbetonstallgebäudes, Zahlenangaben 200.
- Belastungsergebnisse, ihre zeichnerische Darstellung für eine quadratische, auf drei Seiten gehaltene Platte unter Wasserdruck 48.
- Belastungsproben an einem Getreidesilo, Belastungsschema und Meßresultate, Diagramm der Durchbiegung einer Längswand 38
- Belouazer Dampfmühle, Darstellung und Beschreibung ihres Eisenbetonsilos, Querschnitte 141.
- Berechnung, Angaben der Berechnungs- und Belastungsannahmen für den Standicherheitsnachweis des Eisenbetongetreidesilos für die Kunstmühle Worms (3000 t) 124.
- , Angaben über die angenäherte — von Silozellenböden 44.
- , Angaben über die — eines Eisenbetonkalkstickstoffsilos (500 m³) 117.
- der Seitenwände und Böden von Silos 37 u. f.
- Bern, Kohlenmagazin im Gaswerk mit Anwendung von Siegwartbalken, Querschnitt und Grundriß (Abb.) 87.
- Beton, Angaben über die Vorteile seiner Anwendung für Stallfußböden 198.
- Betonhakensteine nach Schnell, Beschreibung ihrer Erzeugung und Darstellung der Form zu ihrer Herstellung (Abb.) 242.
- , Beschreibung und Darstellung der Gewände für Bauten mit — (Abb.) 243.
- , — einer Mauerkonstruktion aus — mit Eisenbetonpfeilern und Deckenauflegern (Abb.) 241.
- , — eines Baues mit — während der Ausführung (Abb.) 244.
- , Mischungsverhältnisse ihres Mörtels, Zahlenangaben 242.
- Betonhakenstein nach Schnell, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 240.
- Betonhohlsteine für Eisenbetongrenzmauern, Darstellung der Wingetmaschine zu ihrer Herstellung (Abb.) 249.
- Betonhohlsteine für Eisenbetongrenzmauern, Zahlenangaben ihrer Abmessungen 249.
- Betonpfeilerquerschnitt, Bestimmung seiner Größe bei dem Kohlenspeicher der Berliner Gaswerke (170 000 t) in Tegel, Zahlenangaben 105.
- Beton, Reibungswinkel von Kohle, Asche, Sand auf Behälterwänden aus — 24.
- , sein Mischungsverhältnis und seine verarbeitete Menge bei dem Eisenbetonerzsilos für die Fentscher Hütte (6000 m³), Zahlenangaben 77.
- , Versuche zur Feststellung des Einflusses von Jauche auf —, Zahlenangaben 198.
- Betonwinkelsteine, Darstellung und Beschreibung ihrer Anwendung bei der Stallbaracke in Tolmein, Grundriß, Längs- und Querschnitte 240.
- Betrieb, Beschreibung des — bei dem Eisenbetongetreidesilo für die Kunstmühle Worms (3000 t) 127.
- , seine Beschreibung bei einem Eisenbetonkalkstickstoffsilo (500 m³) 118.
- Bewehrung, Darstellung ihrer Anordnung im Eisenbetonkohlsilo in Kirn 60.
- , — in den Zellen des Eisenbetongetreidesilos Genua 123.
- , — in Weingartenstücken aus Eisenbeton 263.
- Bewehrungseinzelheiten, Darstellung ihrer Anordnung bei einem Rampengeländer aus Eisenbeton auf angeschüttetem Boden (Abb.) 247.
- beim Eisenbetonerzsilos Maizières, Darstellung ihrer Anordnungen 66.
- , Darstellung ihrer Anordnung bei dem Rinderstall aus Eisenbeton am Zentralviehmarkt in St. Marx 218.
- , Darstellung und Beschreibung ihrer Anordnung bei dem Dach des Eisenbetondampfflugschuppens auf dem Forstgut Lopau 203.
- , — bei einem Eisenbetonstallgebäude 199, 200.

- Bewehrungseinzelheiten für Kreuzungspunkte zwischen Längs- und Querwänden des Eisenbetonerzsilos für die Fentscher Hütte (6000 m³) (Abb.) 74.
- , ihre Darstellung bei dem Eisenbetonmalzsilos einer Bierbrauerei (Abb.) 141.
- , ihre Darstellung bei einer Säule des Eisenbetongetreidespeichers Danzig (11 000 t) 133.
- Bewehrung, Zahlenangabe ihrer Größe bei dem Eisenbetongetreidesilo für the Canadian Pacific, Port Arthur (15 645 m³) 152.
- Bituminöse Kohle, ihr spezifischer Druck auf senkrechte Silowände bei horizontaler Oberfläche, Zahlenangaben 7.
- , Tabelle ihres Gesamtdruckes auf senkrechte, glatte und rauhe Silowände bei horizontaler und geneigter Oberfläche 10.
- Bochum, Rohmehlsilo aus Eisenbeton der Portlandzementwerke Illigens, seine Darstellung und Beschreibung, Längsschnitt 113.
- Boden, angeschnittener, Fundierung des Eisenbetonroh-mehlsilos der Portlandzementwerke Illigens, Bochum, auf — 115.
- Bodendrücke, Verfahren ihres Abwiegens bei Zellsilos nach Roberts und Janssen 25.
- Bodenisolierung, Darstellung und Beschreibung ihrer Anordnung bei Eisenbetoneishäusern (Abb.) 261.
- Bodenkonstruktion, Darstellung ihrer Einzelheiten bei dem Eisenbetonkohlen-speicher der Berliner Gaswerke in Tegel 105.
- Boden- und Seitenkräfte, Formeln für ihre Berechnung nach Pleißner, aufgestellt nach Versuchen an einem Getreidesilo aus Eisenbeton 34.
- Böden der Eisenbetonsilos, Angaben über ihre Berechnung und Bewehrung 44.
- , flache —, Darstellung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetonzementsilo für das Portlandzementwerk Bellerive bei Dellemont, Schweiz (3640 t) 115.
- Böschungswinkel der Schüttmasse eines Eisenbetonkalkstickstoffsilos (500 m³), Zahlenangabe 117.
- von Kohle; Koks, Asche und Erz 23.
- Brausebad aus Beton für die Molkerei der Gedneyfarm, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 207.
- Budapest, Eisenbetonmalzsilos der Bürgerlichen Brauerei, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt 139.
- Bukarest, Eisenbetonroh-mehlsilo für die Titan A.-G. (1300 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitte 113.
- , Eisenbetonzementsilo für die Titan A.-G. (1800 m³), seine Darstellung und Beschreibung 112.
- Bunkerverschluß nach Züblin, seine schematische Darstellung und Beschreibung (Abb.) 70.
- Burbach, Eisenbetonerzsilos — ohne innere Scheidewände, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt, Ansicht der fertigen Anlage (Abb.) 80.
- Carolinenglück, Zeche — bei Bochum, Kokskohlenturm aus Eisenbeton (1800 t), seine Darstellung und Beschreibung, Längsschnitt 98.
- Dachboden, Darstellung seiner Anordnung bei dem Eisenbetonpferdestall in Kaarz 223.
- Dach, Darstellung seines Grundrisses bei dem Eisenbetongetreidesilo der Illkircher Mühlenwerke (150 000 Sack), (Abb.) 147, 148
- des Eisenbetondampfpflugschuppens auf dem Forstgut Lopau, Darstellung und Beschreibung der Bewehrungseinzelheiten 203.
- Dachgeschoß eines Eisenbetonstallgebäudes, seine Darstellung im Querschnitt 199.
- Dachkonstruktion, Darstellung ihrer Einzelheiten bei dem Eisenbeton-Getreidespeicher in Danzig-Neufahrwasser 155.
- Dampfpflugschuppen aus Eisenbeton auf dem Forstgut Lopau, seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht, Grundriß und Querschnitt 204.
- Danzig, Getreidespeicher aus Eisenbeton (11 000 t), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 129 u. f.
- Danzig-Neufahrwasser, Eisenbetongetreidespeicher, seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt 155.
- Deckengrundriß bei dem Eisenbetonstall in Kunewald, Zahlenangaben 228.
- Deckenkonstruktion aus Beton bei der Stallbaracke in Tolmein, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 244.
- mit Siederohreinlagen, ihre Darstellung bei dem Eisenbetonarbeiterwohnhaus auf dem Forstgut Lopau 203.
- Deckenkonstruktion, Beschreibung ihrer Anordnung bei dem Pferdestall aus Eisenbeton in Kaarz 222.
- Dortmunder Union, Erzbunkeranlage aus Eisenbeton, ihre Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt (Abb.) 82.
- Drahtzaun mit Eisenbetonpfosten, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 255.
- Dresden-Plauen, Eisenbetongetreidesilo für die Kunstmühle Bienert, seine Darstellung (Abb.) 151.
- Druck auf Silowände, seine Berechnung bei horizontaler und durch schiefe Ebenen gebildeter Oberfläche 12.
- Druckversuche auf Behälterwände von Silos 23.
- Düdelingen, Eisenbetonerzsilos, seine Darstellung und Be-

- schreibung, Längen- und Querschnitt (Abb.) 71.
- Düdelingen, Eisenbetonkalksilo, seine Beschreibung, Darstellung der fertigen Anlage, Längs- und Querschnitt (Abb.) 78.
- Düngerstätte aus Eisenbeton der Gedneyfarm, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 208.
- der Sterlingtonfarm, ihre Darstellung und Beschreibung 211.
- Düsseldorf, Eisenbetonsilospeicher für die Silo-Aktiengesellschaft, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 159.
- Durchbiegung der Seitenwand eines Zellensilos zur Bestimmung des Seitendrucks 25.
- Einbringen der Kohle in den Eisenbeton - Kohlenspeicher der Berliner Gaswerke in Tegel (170 000 t), Beschreibung des Vorganges 105.
- Einfriedigungsmauern aus Eisenbeton, Darstellung und Beschreibung mehrerer Ausführungsbeispiele 248.
- Einschalung, Darstellung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetongetreidespeicher in Danzig-Neufahrwasser 156.
- , Darstellung ihrer Einzelheiten bei dem Eisenbetongetreidesilo für the Canadian Pacific, Port Arthur (15 645 m³) (Abb.) 152.
- Eisenbeton, Angaben über die Vorteile seiner Anwendung bei Zaunpfählen 250.
- , — im landwirtschaftlichen Bauwesen 195.
- , Beschreibung und Darstellung seiner Verwendung als konservierendes Füllmaterial bei hohlen Bäumen 266.
- , — einer Rübenschwemmanlage aus — für eine Zuckerfabrik (Abb.) 267.
- , für Silos, spezifischer Druck auf senkrechte Wände bei horizontaler Oberfläche der Füllmasse von bituminöser Kohle, Anthrazit, Sand und Asche, Zahlenangaben 7.
- Eisenbetonerzsiloburbach ohne innere Scheidewände, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt, Ansicht der fertigen Anlage (Abb.) 80.
- , für die Fentscher Hütte (6000 m²), seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt, Bewehrungseinzelheiten (Abb.) 72 u. f.
- , Kneutlingen mit unterirdischem Kanal, seine Darstellung und Beschreibung, Querschnitt (Abb.) 71.
- , Maizières, seine Darstellung und Beschreibung 63 u. f.
- Eisenbetonerzsilos, Darstellung und Beschreibung ihrer Füllschnauzen 66 u. f.
- Eisenbetonfeinkohlenbehälter in Völklingen, Grundriß (6,7 : 8,5 m) Höhe (15,5 m), seine Darstellung und Beschreibung 59.
- Eisenbetongebäude für Vorratszwecke und Ställe der Firma Sutton u. Co., seine Beschreibung 224.
- Eisenbetongerippe, seine Darstellung bei dem Eisenbetongetreidespeicher am Teltowkanal (21 000 m³) (Abb.) 157.
- Eisenbetonhohlmauern, Beschreibung und Darstellung ihrer Ausführung bei den Gebäuden der Gedneyfarm (Abb.) 209.
- Eisenbetonkohlenbunker des Elektrizitätswerkes Meißen, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 93.
- Eisenbetonkohlsilo in Kirn, seine Darstellung und Beschreibung 59.
- in Rothenbach (1000 m³), seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 84.
- Eisenbetonpfosten, Darstellung und Beschreibung der „Victor Concrete Fence Post“-Maschine für ihre Herstellung (Abb.) 254.
- Eisenbetonpfosten für Drahtzäune, Darstellung der Drahtbefestigung an verschiedenen Pfosten (Abb.) 254.
- für Gitterzäune, Darstellung und Beschreibung verschiedener Ausführungsarten von Gittern (Abb.) 254.
- Eisenbetonsilo, Berechnung von Boden- und Seitenkräften auf Grund von Versuchsergebnissen nach Pleissner 34.
- der Belouazer Dampfmühle, seine Darstellung und Beschreibung, Querschnitte 141.
- , Reibungswinkel zwischen Weizen, Roggen und Silowand, Zahlenangaben 27.
- Eisenbetonställe verschiedener Art, Angabe mehrerer Ausführungsbeispiele 229 u. l.
- Eisenbetonstaldecken, Darstellung und Beschreibung verschiedener Ausführungen (Abb.) 196.
- Eisenbeton, Vorteile seiner Verwendung für Getreidesilos mit Rücksicht auf Witterungseinflüsse 2.
- , — Kohlsilos bei beschränktem Raumverhältnissen 3.
- , — Silos im Vergleich mit Holz 1.
- Eisenbetonwohnhäuser auf einem Gute in Wisconsin, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 236.
- Eisenbetonzaun auf der Gedneyfarm aus Pfosten und Eisenbetonbalken, seine Beschreibung und Darstellung (Abb.) 257.
- Eiseneinlagen, Angaben über ihre Anzahl und Stärke bei Eisenbetonmistbeeten 245.
- bei dem Eisenbetonzaun auf der Gedneyfarm aus Pfosten und Eisenbetonbalken, Zahlenangaben ihrer Abmessungen 257.
- , Darstellung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetonerzsiloburbach für die Fentscher Hütte (6000 m³) 74.
- , — bei dem Eisenbetonerzsiloburbach Wetzlar 79.

- Eiseneinlagen, Darstellung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetongetreidesilo für die von Bennigsensche Mühle 136.
- , — bei einer Eisenbetoneinfriedigungsmauer, Zahlenangaben 248.
- , — beim Feinkohlenbehälter aus Eisenbeton in Völklingen 59.
- , — im Auslauftrichter des Eisenbetonkohlesilos für das Gaswerk Fürth i. B. 86.
- , — im Eisenbetonfeinkohlenturm der Zeche Recklinghausen 100, 101.
- , — im Eisenbetonkohlenbunker des Elektrizitätswerkes Meißen 94.
- , — im Eisenbetonzehensilo in Itzehoe, mit sechseckigen und quadratischen Zellen 108, 109.
- , — in den achteckigen und rechteckigen Siloböden des Eisenbetongetreidespeichers Danzig (11 000 t) (Abb.) 133.
- , — in den Böden des Eisenbetongetreidesilos Genua 123.
- , — in einer Kammer des Eisenbetonkohlesilos im Gaswerk Zürich-Schlieren 91.
- , Darstellung ihrer Einzelheiten bei dem Eisenbetongetreidespeicher in Danzig-Neufahrwasser 154.
- Eisenmenge, Gewicht der beim Bau des Eisenbetonerzsilos Maizières verarbeiteten — 64.
- Eishaus aus Eisenbeton in Cuxhaven, seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht, Längs- und Querschnitte 259.
- aus Eisenbeton, Darstellung und Beschreibung der Anordnung seiner Bodenisolierung (Abb.) 261.
- nach Wayss und Freytag mit kreisrundem Querschnitt (100 m³), seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 259.
- Eishaus in Mörchingen aus Ziegel- und Eisenbetonmauerwerk, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 259.
- Eiskeller aus Eisenbeton nach v. Emperger, seine Beschreibung und Darstellung (Abb.) 258.
- Eiskeller- und Speicheranlage aus Eisenbeton in Udine, ihre Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt 261.
- Elektrizitätswerk Meißen, Darstellung und Beschreibung seines Eisenbetonkohlenbunkers (Abb.) 93.
- Elevatorbau, Querschnitt durch den — bei dem Eisenbetongetreidesilo der Illkircher Mühlenwerke, (150 000 Sack) 148.
- Entwurfsbearbeitung, Angabe von Ratschlägen für die — von Eisenbetonsilokonstruktionen 161.
- Erddrucktheorie, ihre Anwendung bei der Berechnung von großräumigen Silos 4.
- Erweiterungsbau des Getreidesilos Genua aus Eisenbeton (45 000 t), seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht, Längs- und Querschnitte 119 u. f.
- Erzbunkeranlage aus Eisenbeton für die Dortmunder Union, ihre Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt (Abb.) 82.
- Erzbunker, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 163.
- Erzfüllung, ihr spezifisches Gewicht bei dem Eisenbetonerzsilos Wetzlar, Zahlenangaben 80.
- Erzsilos Düdelingen, aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung, Längen- und Querschnitt (Abb.) 71.
- für die Fentscher Hütte, seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt, Bewehrungseinzelheiten der Eisenbetonkonstruktion (Abb.) 72 u. f.
- Kneuttingen, aus Eisenbeton, mit unterirdischem Kanal, seine Darstellung und Beschreibung, Querschnitt (Abb.) 71.
- Erzsilos Maizières, aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung 63 u. f.
- Erzsilos aus Eisenbeton, Darstellung und Beschreibung ihrer Füllschnauzen 66 u. f.
- Erzsilos, Bunkerverschluß nach Züblin, seine schematische Darstellung und Beschreibung (Abb.) 70.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 165.
- Erzsiloverschlußkonstruktion nach Wayss und Freytag, Angaben über ihre Bewährung 69.
- Erzsilos Wetzlar, aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt (Abb.) 78.
- Erz, spezifisches Gewicht und Böschungswinkel 23.
- Erztaschenanlage aus Eisenbeton in Hattingen (12 × 3580 m³), ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 83.
- Erztaschenanlagen, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 166.
- Esch, Erztaschenanlage aus Eisenbeton (56 000 t), ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 84.
- Feinkalksilos, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 167.
- Feinkohlenbehälter aus Eisenbeton in Völklingen, Grundriß 6,67 : 8,5 m, Höhe 15,5 m, seine Darstellung und Beschreibung 59.

- Feinkohlenturm aus Eisenbeton der Zeche Recklinghausen, seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt 98 u. f.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 167.
- Feldscheune aus Eisenbeton bei Delitzsch, ihre Darstellung während des Baues, Beschreibung 235.
- Fentscher Hütte, Eisenbetonerzsilos (6000 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt, Bewehrungseinzelheiten (Abb.) 72 u. f.
- Feuchtigkeit, Schutz der Zellen des Eisenbetongetreidesilos für die von Bennigsensche Mühle, Banteln, gegen — 136.
- Flaschenkeller im Brauhaus Liesing, Darstellung und Beschreibung der Visintini-deckenträger (Abb.) 234.
- Flaschenraum aus Beton für die Molkerei der Gedneyfarm, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 207.
- Flußeisenmengen für die Verankerungen des Eisenbetonzementsilos in Genua, Zahlenangaben 111.
- Formeln für die Berechnung der Momente in den Wänden einer Silozelle 39.
- für die Berechnung von Boden- und Seitendruck bei Getreidezellensilos 29.
- zur Bestimmung des Druckes auf Silowände bei horizontaler und durch schiefe Ebenen gebildeter Oberfläche 12.
- Formel zur genaueren Berechnung der Momente für zusammenhängende Zellen einreihiger Siloanlagen 54.
- zur rechnerischen Bestimmung des Füllmassendruckes auf schräge Silowände bei horizontaler und ansteigender Oberfläche 9.
- Fort William, Riesensilos aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung, Querschnitt 153.
- Füllmasse, Bestimmung ihres Druckes auf Silowände und polygonale Behälterböden 5.
- von Silos aus bituminöser Kohle, Anthrazit, Sand und Asche, ihr spezifischer Druck auf senkrechte Wände bei ansteigender und fallender Oberfläche, Zahlenangaben 8.
- — aus Gaskohle, Zement, Kleinschlag, Malz, Weizen, Erz, Koks, Salz, ihr spezifischer Druck auf senkrechte Wände bei horizontaler Oberfläche, Zahlenangaben 7.
- —, Formeln zur rechnerischen Bestimmung ihres Druckes auf schräge Silowände bei horizontaler und ansteigender Oberfläche 9.
- Füllschnauzen für Erzsilos aus Eisenbeton, ihre Darstellung und Beschreibung 66 u. f.
- Fürth i. B., Kohlensilos aus Eisenbeton für das Gaswerk, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 87.
- Fundament, Beschreibung seiner Ausführung bei dem Eisenbeton-Getreidespeicher in Danzig-Neufahrwasser auf schlechtem Baugrund 156.
- , Darstellung seines Grundrisses bei dem Eisenbetongetreidesilo der Illkircher Mühlenwerke (150 000 Sack), (Abb.) 147, 148.
- Fundamentplan bei dem Eisenbetonstall in Kunewald, Zahlenangaben 228.
- Fundamentplatte, ihre Darstellung bei dem Eisenbetongetreidespeicher Danzig (11 000 t) 134.
- Futterbarren aus Eisenbeton bei dem Eisenbetonrinderstall am Zentralviehmarkt in St. Marx, Grundriß, Querschnitte, Einzelheiten der Befestigung der Ringe und Beschreibung 218.
- einer Artilleriekaserne, Wien, ihre Darstellung und Beschreibung 220.
- Futterbarren aus Eisenbeton nach Monier, ihre Darstellung und Beschreibung 220.
- Gartengebäude aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 244.
- Gaswerke, Darstellung und Beschreibung von Eisenbetonkohlensilos 87 u. f.
- Gedneyfarm, Darstellung und Beschreibung ihrer Stall- und Wirtschaftsgebäude aus Eisenbeton (Abb.) 204 u. f.
- Geländer aus Eisenbeton mit Hohlsockel zur Gartenentwässerung, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 247.
- Genua, Erweiterungsbau des Getreidesilos aus Eisenbeton, (45 000 t), seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht, Längs- und Querschnitt 119 u. f.
- , Zementsilos aus Eisenbeton in — (2900 t), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitt 109.
- Gerstensilos aus Eisenbeton für Kaisers Kaffeegeschäft in Spandau (900 t), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt 128.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 167.
- Gerstenweichen aus Eisenbeton, ihre Darstellung bei dem Eisenbetonmalzsilos in Schiltigheim 145.
- Getreidesilos aus Eisenbeton der Klostermühle in Spandau (1300 t), Grundriß und Querschnitt 128.
- für die Grands Moulins de Corbeil bei Paris (110 000 Sack), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitte 148.
- für die Kunstmühle Bienert, Dresden-Plauen, seine Darstellung (Abb.) 151.

- Getreidesilo aus Eisenbeton für die Kunstmühle Worms (3000 t), seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht, Längs- und Querschnitte 124 u. f.
- für die von Bennigsensche Mühle, Banteln, seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht, Grundriß und Querschnitte 133 u. f.
- für the Canadian Pacific, Port Arthur (15 645 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 151.
- in Wolfskirchen (20 000 Sack), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt 146.
- von Sampierdarena (14 000 t), seine Darstellung und Beschreibung 138.
- Getreidesilo der Ludwigshafener Walzmühle mit Zwischenwänden aus Eisenbeton und Außenwänden aus Backsteinmauerwerk, seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt 149.
- Genua, Erweiterungsbau aus Eisenbeton (45 000 t), seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht, Längs- und Querschnitt 119 u. f.
- Getreidesilos, ihre Quer- und Höhenabmessungen 2.
- , Vorteile der Verwendung von Eisenbeton für ihre Herstellung 1.
- , Vor- und Nachteile der Zellsilos im Vergleich mit Bodenspeichern 2.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 168.
- Getreidesilounterbau, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 172.
- Getreidespeicher aus Eisenbeton am Teltow-Kanal (21 000 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitt 157.
- in Danzig-Neufahrwasser, seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt 155.
- in Danzig (11 000 t), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 129 u. f.
- Getreidespeicher in Eisenbeton, Angabe von ausgeführten Anlagen 2.
- Getreidespeicher, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 172.
- Getreidezellsilos, Formeln für die Berechnung von Boden- und Seitendruck p_b und p_s 29.
- , Zusammenfassung der Versuchsergebnisse für die Ermittlung von Boden- und Seitendrücken nach Pleißner 26.
- Gewächshäuser aus Eisenbeton, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 245.
- Gewächshaus in Sagrado, Darstellung und Beschreibung der Anwendung von Visintinträgern 232.
- Gewicht der Betonhakensteine nach Schnell, Zahlenangaben 241.
- der Schüttmasse eines Eisenbeton-Kalkstickstoffsilos (500 m³), Zahlenangaben 117.
- des Korkbetonformsteins „Kofag“, Zahlenangabe 237.
- Gippsilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 173.
- Gleisträger, Darstellung seiner Bewehrung bei dem Eisenbetonerzsilo für die Fentscher Hütte (6000 m³) (Abb.) 75.
- Gränpfosten aus Eisenbeton, Beschreibung und Darstellung verschiedener Formen (Abb.) 256.
- Grenzmauer aus Eisenbetonpfeilern und Betonhohlsteinen, Darstellung der Pfeilerherstellung (Abb.) 250.
- , ihre Darstellung und Beschreibung (Länge 2286 m) 249.
- , ihre Darstellung während der Ausführung (Abb.) 250.
- Grundplatte, Darstellung und Beschreibung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetongetreidesilo Genua (45 000 t) auf sehr ungleichmäßigem Untergrund 120.
- H**ängebahnanlage, ihre Beschreibung und Anordnung beim Eisenbetonkohlenpeicher der Berliner Gaswerke in Tegel (170 000 t) (Abb.) 105.
- Hängebehälter für Silos, Bestimmung ihrer Form durch die Gleichung der Mittellinie bei Ausschluß von Biegemomenten 16.
- Hakensteinsystem „Schnell“, Form und Abmessungen der Steine, Zahlenangaben 241.
- Halbflüssigkeitsgesetz beim Getreidedruck in Zellsilos 28.
- Haldensturz Bühne, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 173.
- Hattingen, Erztaschenanlage aus Eisenbeton (12 × 3580 m³), ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 83.
- Hennebique, Angabe mehrerer Ausführungen von Eisenbetonkohlenilos nach — und deren Beschreibung 95.
- Hirsensilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 173.

- Holzsnitzelsilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 173.
- Illkircher Mühlenwerke, Eisenbetonsilos (50000 und 150000 Sack), ihre Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitte 148.
- Iversgehofen, Eisenbetonmalzsilo (3000 t), Grundriß und Querschnitt 128.
- Innenansicht, ihre Darstellung bei dem Eisenbetonkohlen-speicher der Berliner Gaswerke in Tegel (170 000 t) 103.
- Isoliermaterial für die Ausfüllung von Zwischenräumen der Eisenbetonwände bei Eiskellern 259, 261.
- Itzehoe, Eisenbetonzehensilo mit sechseckigen und quadratischen Zellen, seine Darstellung und Beschreibung 108.
- Janssen, Berechnung der Silokräfte bei Getreidezellensilos 28 u. f.
- , Versuche zur Ermittlung des Seiten- und Bodendrucks bei Zellensilos 24.
- Jauche, Versuche zur Feststellung ihres Einflusses auf Beton, Zahlenangaben 198.
- Kakaosilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 173.
- Kalksilo Düdelingen, seine Beschreibung und Darstellung der fertigen Eisenbetonanlage, Längs- und Querschnitt (Abb.) 78.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 166, 173.
- Kalkstickstoffsilo aus Eisenbeton für das Karbidwerk Mühlthal bei Bromberg (500 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 117.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 174.
- Kanal unter den Behältern des Eisenbetonkalksilos Düdelingen, seine Darstellung (Abb.) 78.
- Karbidwerk Mühlthal bei Bromberg, Eisenbetonkalkstickstoffsilo (500 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 117.
- Kartoffelschälapparat aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 263.
- Kastensilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 174.
- Kirn, Eisenbetonkohlen-silo in —, seine Darstellung und Beschreibung 59.
- Kleinsilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 174.
- Klinkersilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 174.
- Kneuttingen, Erzsilo aus Eisenbeton mit unterirdischem Kanal, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 71.
- Koenen, Berechnung des Boden- und Seitendrucks in Getreidezellensilos 30.
- Kofag, Korkbetonformstein, Beschreibung und Darstellung der Auflagerung von Massivdecken auf einer Kofagmauer (Abb.) 238.
- , Beschreibung und Darstellung eines Mauerwerks aus — mit Eckausbildung (Abb.) 238.
- , Darstellung der eisernen Form zu ihrer Herstellung (Abb.) 237.
- , Darstellung einer Mauer mit Gewänden und Sohlbank aus —, Beschreibung ihrer Herstellung (Abb.) 237.
- , seine Darstellung und Beschreibung 237.
- Kohlenbehälter aus Eisenbeton der Stadt Atlantic (365 600 kg), seine Darstellung und Beschreibung 106.
- Kohlenbunker aus Eisenbeton für die Zuckerfabrik Frankenthal (1800 t), Grundriß und Längsschnitt 95.
- im Kesselhaus, seine Darstellung und Beschreibung (120 t) 88.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 175.
- Kohlenmagazin im Gaswerk Bern mit Anwendung von Siegwartbalken. Querschnitt und Grundriß (Abb.) 87.
- Kohlenmisch- und Brechanlagen, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 177.
- Kohlensilo aus Eisenbeton für das Gaswerk Fürth i. B., seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 87.
- für das Gaswerk Zürich-Schlieren (18 000 t), seine Darstellung und Beschreibung 87.
- für das Kalkwerk Wilmersdorf (6600 t), seine Darstellung und Beschreibung 93.

- Kohlensilo aus Eisenbeton für das Kraftwerk Wyhlen (800 m³), Grundriß, Längs- und Querschnitt 97.
- für die Solvaywerke Wyhlen (810 t), Grundriß, Längs- und Querschnitt 96.
 - in Kirn (16:2,9:7,5 m), seine Beschreibung und Darstellung 59.
 - in Rothenbach (1000 m³), seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 85.
- Kohlensilos aus Eisenbeton bei beschränkten Raumverhältnissen 3.
- , ihre Vorteile mit Rücksicht auf Selbstentzündung 3.
 - nach Hennebique, Angabe mehrerer Ausführungen und deren Beschreibung 95.
- Kohlensilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 178 u. f.
- Kohlenspeicher aus Eisenbeton der Berliner Gaswerke in Tegel (170 000 t), Längs- und Querschnitte, Beschreibung der Anlage (Abb.) 104 u. f.
- Kohlenstaubsilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 183.
- Kohlensämpfe, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 183.
- Kohlenturm, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 183.
- Kohlenwäsche aus Eisenbeton für die Grube Peißenberg, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 89, 92.
- Kohlenwäsche aus Eisenbeton, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 184.
- Kohle, spezifisches Gewicht und Böschungswinkel 23.
- Koksaufbereitung, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 185.
- Koksbunker aus Eisenbeton für die Gasanstalt Berlin-Tegel (315 t), seine Darstellung und Beschreibung 94.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 164.
- Kokskohlensilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 185.
- Kokskohlenturm aus Eisenbeton der Zeche Carolinenglück bei Bochum (1800 t), seine Darstellung und Beschreibung, Längsschnitt 98.
- Korkbetonformstein „Kofag“, seine Darstellung und Beschreibung, Angabe verschiedener Type 237.
- Kornspeicher Großbeeren, Trichterlage und Unterbau aus Eisenbeton (Abb.) 128.
- Kosten des Eisenbetonpferdestalles in Kaarz, Zahlenangaben 224.
- eines Geländers aus Eisenbeton mit Hohlsockel zur Gartenentwässerung, Zahlenangabe 247.
 - für die Herstellung von Eisenbetonpfosten mit der Victor Concrete Fence Post-Maschine, Zahlenangaben 255.
 - für Einfriedigungsmauern aus Eisenbeton, Zahlenangaben 248.
- Kosten für Orkanbetonpfosten mit Eiseneinlagen (Gränpfosten), Zahlenangaben 257.
- für Weingartenstöcke aus Eisenbeton, Zahlenangaben 264.
 - von Eisenbetonpfosten für Gitterzäune, Zahlenangaben 254.
- Kuhstallabteilungen aus Eisenbeton, Beschreibung ihrer Konstruktion 211.
- Kükenhaus aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung, Zahlenangaben (Abb.) 244.
- Kuhstall aus Eisenbeton auf der Gedneyfarm, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 206.
- der Sterlingtonfarm, seine Darstellung und Beschreibung 211.
- Kühlung des Getreides im Silo durch Anordnung von Luftkanälen 141.
- Kugelförmiger Behälterboden, Berechnung der Säulenbeanspruchung bei einem — durch Vertikallast und Winddruck 22.
- eines Silos, Berechnung seiner Meridian- und Ringkraft 18.
- Längswandachsialzug, sein Größtwert für einreihige Silozellen, Zahlenangaben 57.
- Lagerhaus aus Eisenbeton am Straßburger Rheinhafen, seine Beschreibung 141.
- Landwirtschaftliches Bauwesen, Angaben über die Vorteile der Anwendung von Eisenbeton im — 195.
- Lopau, Forstgut, Eisenbetonarbeiterwohnhaus, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Schnitte 203.
- Ludwigshafener Walzmühle, Getreidesilo mit Zwischenwänden aus Eisenbeton und Außenwänden aus Backsteinmauerwerk, seine Darstellung und Beschreibung, Längsschnitt 149.

- Lüftung**, Beschreibung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetonpferdestall in Kaarz 224.
- Luftisolierung**, Beschreibung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetonwohnhaus in Lotznitz 235.
- Luftzirkulation**, Anordnung von Anlagen für ihre Erzeugung in Silos 45.
- Maizières**, Erzsilo aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung 63 u. f.
- Malzsilo aus Eisenbeton** Cönnern, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte (3250 t) 129.
- der Bürgerlichen Bierbrauerei Budapest, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt 139.
- für die Löwenbrauerei München, seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht und Querschnitte 118.
- in Ilversgehofen (3000 t), Grundriß und Querschnitt 128.
- in Schiltigheim, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 144.
- Malzsilo**, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 187.
- Massivdecken**, Beschreibung und Darstellung ihrer Auflagerung auf einer Kofagmauer (Abb.) 238.
- Materialmengen**, Zahlenangaben der für den Bau des Eisenbetonsandsilos der Peerless Brick Co. (1685 m³) gebrauchten — 108.
- Mehlsilo**, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 187.
- Meierwohnung** aus Eisenbeton der Sterlingtonfarm, ihre Darstellung und Beschreibung 211.
- Meridian- und Ringkraft** beim kugelförmigen Behälterboden eines Silos 18.
- Meridian- und Rippenspannungen** des Trichters bei kegelförmigen Behälterböden 17.
- Mischungsverhältnisse** des Betons bei den Eisenbetonwirtschaftsgebäuden der Sterlingtonfarm 210.
- bei einem Eisenbetonkükenhaus, Zahlenangabe 244.
- bei Eisenbetonzaunpfählen, Zahlenangaben 251.
- für Eisenbetonmistbeete, Zahlenangaben 245.
- des Mörtels für Betonhallensteine nach Schnell, Zahlenangaben 242.
- Mischungsverhältnis** und verarbeitete Menge des Betons bei dem Eisenbetonerzsilo für die Fentscher Hütte (6000 m³), Zahlenangaben 77.
- Mistbeete** aus Eisenbeton, Darstellung und Beschreibung der Herstellung von Verbindungsstücken der Mistbeetkasten 245.
- , ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 245.
- , Darstellung der Anordnung von — aus Eisenbetonplatten (Abb.) 246.
- Mittelliniengleichung** bei Ausschluß von Biegemomenten zur Bestimmung der Form von Hängebehältern für Silos 16.
- Mörsch**, Berechnung des Boden- und Seitendrucks in Getreidezellensilos 31.
- Molkerei** aus Eisenbeton auf der Gedneyfarm, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 206.
- Momente**, Biegungs- und Drehmomente eines kugelförmigen Behälterbodearrings 22.
- , Formeln für ihre Berechnung bei den Eisenbetonplatten eines Feinkohlenturmes 101.
- , ihre genauere Berechnung bei zusammenhängenden Zellen einer einreihigen Siloanlage 49 u. f.
- Momente** in den Wänden einer Silozelle, Formeln für ihre Berechnung 39.
- in Silowänden mit verschiedenen Trägheitsmomenten, Formeln für ihre Berechnung 41.
- Momentenentwicklung** für eine dreizellige Siloanlage, Zahlenbeispiel 55.
- Momentenkurven**, ihre Darstellung in den Wänden einer langgestreckten Silozelle 41.
- Momente**, Tabelle ihrer Größtwerte für einreihige Silozellen, Zahlenangaben 57.
- , Werte zur Bestimmung ihrer Größe bei der Berechnung der Decken und Wände eines Eisenbeton-Kalkstickstoffsilos (500 m³) 117.
- , zweckmäßige Annahme ihrer Größtwerte bei der Berechnung der Silowände 40.
- Müllkasten** aus Eisenbeton (1 m³), seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 262.
- München**, Löwenbrauerei, Beschreibung und Darstellung ihres Eisenbetonmalzsilos, Ansicht und Querschnitt 118.
- New-York**, Silo aus Eisenbeton für eine Sandwäscherei bei —, seine Darstellung und Beschreibung 108.
- Nutzlast** zur Berechnung der Ladebühne eines Eisenbetonfeinkohlenturmes, Zahlenangabe 100.
- Orkanbetonpfosten** mit Eiseninlagen, Beschreibung und Darstellung verschiedener Formen (Abb.) 256.
- Paris**, Eisenbetongetreidesilo für die Grands moulins de Corbeil (110 000 Sack), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitte 148.
- Peerless Brick Co.**, Sandsilo aus Eisenbeton (1685 m³), seine Darstellung und Beschreibung 107.

- Pergola auf der Sterlingtonfarm, Beschreibung ihrer Konstruktion (Abb.) 213.
- Pfahlrost aus Eisenbetonpfählen mit durchgehender Betonplatte bei dem Eisenbetongetreidesilo für die von Bennigsensche Mühle, Banteln 138.
- Pferdestall aus Eisenbeton in Kaarz, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt, Ansicht 222, 224.
- Pfosten aus Eisenbeton, Darstellung und Beschreibung der Formmaschine der Post Mold Co. (Abb.) 253.
- , — verschiedener Formen (Abb.) 256.
- , Kosten und Beschreibung ihrer Herstellung mit der Victor Concrete Fence Post Maschine 255.
- Platte, quadratische, auf drei Seiten gehaltene —, unter Wasserdruck, Ermittlung ihrer Belastungen, deren tabellarische Zusammenstellung, Zahlenangaben 46.
- Pleissner, Berechnung der Silokräfte auf Grund von Versuchsergebnissen 34.
- , Versuche zur Ermittlung des Seiten- und Bodendrucks bei Zellensilos 25.
- Pökelkasten aus Eisenbeton, seine Beschreibung 262.
- Polygonaler Querschnitt von Silos, seine Berechnung bei horizontaler und durch schiefe Ebenen gebildeter Oberfläche 12.
- Port Arthur, Eisenbetongetreidesilo (15 645 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 151.
- Portlandzementwerk Bellerive bei Dellefont, Schweiz, Eisenbetonzementsilo für das — (3640 t), seine Darstellung und Beschreibung, Querschnitte 113.
- Portlandzement, Zahlenangabe der Verbrauchsmengen bei den Eisenbetonwohnhäusern auf einem Gute in Wisconsin 236.
- Prante, Versuche zur Feststellung des Einflusses der Getreidebewegung und des Zellenquerschnitts auf die Wanddrücke bei Zellensilos, graphische Darstellung 27.
- Quer**kraft eines kugelförmigen Behälterbodenringes 22.
- Querschnittsformen, Vor- und Nachteile der verschiedenen — von Silozellen 43.
- Querwandachsialzug, sein Größtwert für einreihige Silozellen, Zahlenangaben 57.
- Ramp**enanlage eines Eisenbetonstallgebäudes, Darstellung ihrer Bewehrung 200.
- Rampengeländer aus Eisenbeton auf angeschüttetem Boden, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 247.
- Raumauteilung bei dem Eisenbetonstall in Kunewald, Zahlenangaben 229.
- Rechnerische Größe des Druckes der Füllmasse auf polygonale Behälterböden von Silos 6.
- Recklinghausen, Zeche —, Eisenbetonfeinkohlenturm, seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt 98 u. f.
- Reibungskoeffizient, seine Ermittlung für die Berechnung eines Getreidesilos aus Eisenbeton nach Pleißner, Zahlenangabe 34.
- Reibungswinkel von Kohle, Asche, Sand auf Behälterwände aus Stahlplatten, Bauholz, Beton 24.
- zwischen Weizen, Roggen und Silowand bei Eisenbetonsilos, Zahlenangaben 27.
- Rieselspeicher des Eisenbetongetreidespeichers für die von Bennigsensche Mühle, Banteln, seine Darstellung und Beschreibung 137.
- Riesensilo aus Eisenbeton in Fort William, seine Darstellung und Beschreibung, Querschnitt 153.
- Rinderstall aus Eisenbeton am Zentralviehmarkt in St. Marx, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitte 217.
- Roberts, Versuche zur Ermittlung des Seiten- und Bodendrucks bei Zellensilos 24.
- Rohmaterialiensilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 189.
- Rohmaterialiensilo aus Eisenbeton für das Portlandzementwerk Thayngen, Schweiz, seine Darstellung und Beschreibung 116.
- Rohmehlsilo aus Eisenbeton der Portlandzementwerke Illigens, Bochum, seine Darstellung und Beschreibung, Längsschnitt 113.
- für die Titan A. G. in Bukarest (1300 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitte 113.
- Rohrzellendecken nach Wayss bei dem Stallgebäude der Moserschen Gutsverwaltung, Achau, ihre Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt 226.
- bei dem Stallgebäude in Rannersdorf, ihre Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Schnitte 226.
- , ihre Darstellung und Beschreibung, Angaben über ihre Herstellung 225.
- Rothenbach, Kohlsilo aus Eisenbeton (1000 m³), seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 84.
- Rübenschwemmanlage aus Eisenbeton einer Zuckerrübenfabrik, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 267.
- Rundeisen, Gewicht ihrer verarbeiteten Menge bei dem Eisenbetonerzsilos der Fentscher Hütte (6000 m³) Zahlenangabe 77.

- Säule** für den Eisenbetongetreidespeicher Danzig, (11 000 t), Darstellung ihrer Bewehrungseinzelheiten 133.
- Sampierdarena**, Getreidesilo aus Eisenbeton (14 000 t), seine Darstellung und Beschreibung 138.
- Sand**, sein spezifischer Druck auf senkrechte Silowände bei horizontaler Oberfläche, Zahlenangaben 7.
- Sandsilo** aus Eisenbeton der Peerless Brick Co. (1685 m³), seine Darstellung und Beschreibung 107.
- , tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 174, 189.
- Sand**, Tabelle seines Gesamtdrucks auf senkrechte, glatte und raue Silowände bei horizontaler und geneigter Oberfläche 12.
- Schalung**, hölzerne — zur Herstellung von Betonwänden, ihre Darstellung und Beschreibung 215.
- , ihre Beschreibung bei der Herstellung der Eisenbetonwerstschäftsgebäude auf der Sterlingtonfarm 210.
- , ihre Darstellung in einer Kammer des Eisenbetonkohlsilos im Gaswerk Zürich-Schlieren 91.
- Schalungsformen** aus Eisen zur Herstellung von Betonwänden, Darstellung ihrer Anwendung 216.
- Schalung** zur Herstellung von Eisenbetonzaunpfosten, ihre Beschreibung und Darstellung (Abb.) 251.
- Schlackenmaterial**, Angaben über seine Verwendung bei der Herstellung des Eisenbetonerzsilos für die Fentsher Hütte 76.
- Schnell**, Betonhakenstein nach —, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 240.
- Schweinetränke** aus Eisenbeton am Viehmarkt zu St. Marx, ihre Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitt 221.
- Schweiz**, Eisenbetonrohmaterialsilo für das Portlandzementwerk Thayngen, seine Darstellung und Beschreibung 116.
- Seilbahn** eines Gipswerkes, Zwischenstützen aus Eisenbeton, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 263.
- Siegbalken**, Darstellung ihrer Anwendung beim Kohlenmagazin im Gaswerk Bern 87.
- für Staldecken, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 196.
- Silo** aus Eisenbeton für eine Sandwäscherei bei New York, seine Darstellung und Beschreibung 106.
- Silobauten**, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter — 163 u. f.
- Silo**, Belastungsproben an einem Getreidesilo, Belastungsschema und Meßresultate, Diagramm der Durchbiegung einer Längswand 38.
- Siloböden**, Anordnung der Eisenbetoneinlagen in den achteckigen und rechteckigen — des Eisenbetongetreidespeichers Danzig (11 000 t) (Abb.) 133.
- , Darstellung des Raumes unter den — des Eisenbetonkohlsilos im Gaswerk Zürich-Schlieren 90.
- Silokonstruktionen** aus Eisenbeton, Angabe von Ratschlägen für die Entwurfsbearbeitung 161.
- Silokräfte**, allgemeine Betrachtungen über ihre Berechnung nach den Pleißnerschen Versuchen 37.
- Silos**, Anordnungen für Durchlüftung ihres Inhaltes 45.
- aus Eisenbeton für die Illkircher Mühlenwerke (50 000 und 150 000 Sack), ihre Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitte 148.
- —, spezifischer Druck auf senkrechte Wände bei horizontaler Oberfläche der Füllmasse von bituminöser Kohle, Anthrazit, Sand und Asche, Zahlenangaben 7.
- Silos**, Begriff der großräumigen — 1.
- , Begriff der — 1.
- , — Zellsilos 1.
- , Berechnung der Meridian- und Rippenspannungen des Trichters bei kegelförmigen Behälterböden 17.
- , — des Fassungsraumes von Hängebehältern 16.
- , — der großräumigen — 4 u. f.
- , — der Meridian- und Ringkraft beim kugelförmigen Behälterboden 18.
- , — der Säulenbeanspruchung bei einem kugelförmigen Behälterboden durch Vertikallast und Winddruck 22.
- , — ihrer Seitenwände und Böden 37 u. f.
- , — kegelförmiger Behälterböden bei horizontal abgeglicherer Füllung 16.
- , — von Behältern mit polygonalem Querschnitt bei horizontaler und durch schiefe Ebenen gebildeter Oberfläche 9.
- , Bestimmung des von der Füllmasse auf die Wand ausgeübten Druckes 4.
- , — des von der Füllmasse auf einen polygonalen Behälterboden ausgeübten Druckes 5.
- , Druckversuche auf Behälterwände 23.
- , Formeln zur rechnerischen Bestimmung des Füllmassendruckes auf schräge Wände bei horizontaler und ansteigender Oberfläche 9.
- , Hängebehälter, Bestimmung ihrer Form durch die Gleichung der Mittellinie bei Ausschluß von Biegemomenten 16.
- , ihre Hauptklassen nach Art des aufzubewahrenden Materials 2.
- Silospeicher** aus Eisenbeton für die Silo-Aktiengesellschaft, Düsseldorf, seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitte 159.

- Silos, Querkraft, Biegungs- und Drehmomente eines kugelförmigen Behälterbodenringes 22.
- , rechnerische Größe des Füllmassendruckes auf polygonale Behälterböden 6.
- , Reibungswinkel von Kohle, Asche, Sand auf Behälterwände aus Stahlplatten, Bauholz, Beton 24.
- , Sand- und Schotter-, Schamotte-, Schlacken-, Schlamm-, Schmirgel-, Schwefelbrand-, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 190.
- , spezifischer Druck ihrer Füllmasse aus bituminöser Kohle, Anthrazit, Sand und Asche auf senkrechte Wände bei ansteigender und fallender Oberfläche, Zahlenangaben 8.
- , Tabelle über den Druck auf senkrechte, glatte und raue Behälterwände bei horizontaler und geneigter Oberfläche der Füllmasse aus bituminöser Kohle, Anthrazit und Sand 10.
- , Vorteile der Kohlenlagerung in ihnen 3.
- , — der Verwendung von Eisenbeton für ihre Herstellung im Vergleich mit Holz 1.
- , — ihres kreisrunden Querschnittes im Vergleich mit dem polygonalen 1.
- Siloverschlußkonstruktion nach Wayss u. Freytag, Angaben über ihre Vorteile 67.
- Siloverschluß nach Wayss u. Freytag, seine Darstellung bei gefülltem und leerem Silo 68.
- Siloverschlußvorrichtung nach Wayss u. Freytag, Beschreibung ihrer Wirkungsweise 68.
- Silowände, allgemeine Angaben über zulässige Annahmen bei ihrer Berechnung 37, 39.
- , Darstellung der Momentenkurven in den Wänden einer langgestreckten Silozelle 41.
- Silowände, ihre Berechnung als auf drei Seiten gehaltene Platten 45.
- , Formeln für die Berechnung ihrer Zugkräfte bei rechteckigem, kreisrundem und polygonalem Zellenquerschnitt 42.
- mit verschiedenen Trägheitsmomenten, Formeln für die Berechnung ihrer Momente 41.
- , quadratische, auf drei Seiten gelagerte Platte unter Wasserdruck, Ermittlung ihrer Belastungen, deren tabellarische Zusammenstellung, Zahlenangaben 46.
- , zweckmäßige Annahme der Momentengrößtwerte bei ihrer Berechnung 40.
- Silozelle, Darstellung der Momentenkurven in ihren Wänden 40.
- , Formeln für die Berechnung der Momente in ihren Wänden 39.
- Silozellen, allgemeine Angaben über die Berechnung ihrer Böden 43.
- , genauere Berechnung der Größtmomente für zusammenhängende Zellen als Ganzes 49 u. f.
- , Momentenentwicklung für eine dreiteilige Zellenanordnung, Zahlenbeispiel 55.
- , Momententabelle für einreihige Zellen, Zahlenangaben 57.
- , zweckmäßige Wahl ihrer Querschnittsformen 43.
- Sor, Berechnung des Boden- und Seitendrucks in Getreidezellensilos 32.
- Spandau, Eisenbeton-Gerstensilo für Kaisers Kaffeegeschäft (900 t), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt 128.
- , Getreidesilo aus Eisenbeton der Klostermühle (1300 t), Grundriß und Querschnitt 128.
- Spezifischer Druck der Silofüllmasse aus bituminöser Kohle, Anthrazit, Sand und Asche auf senkrechte Wände bei horizontaler, ansteigender und fallender Oberfläche, Zahlenangaben 8.
- Spezifisches Gewicht und Böschungswinkel von Kohle, Koks, Asche und Erz 23.
- Spritzwurfverputz, Angaben über seine Mörtelmischung und Ausführung 210.
- Stahlplatten, Reibungswinkel von Kohle, Asche, Sand auf Behälterwände aus — 24.
- Stall aus Eisenbeton in Künwald, seine Darstellung und Beschreibung, Grundrisse, Schnitte und Einzelheiten 228.
- Stallbaracke in Tolmein, Darstellung und Beschreibung der Anwendung von Betonwinkelsteinen bei der —, Grundriß, Längs- und Querschnitte 240.
- Stallbau in Capitania, Darstellung der Visintindeckenträger, Spannweite 8,6 m (Abb.) 231.
- in Liesing, Darstellung und Beschreibung der Visintindeckenträger, Spannweite 8,6 m (Abb.) 231.
- Stalldecke aus Eisenbeton-E-Balken, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 196.
- aus Eisenbeton mit Anwendung von Hohlkörpern, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 197.
- — mit Anwendung von Hohlsteinen, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 197.
- Stalldecken aus Siegartbalcken, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 196.
- Stallfußböden, Angaben über die Vorteile der Anwendung von Beton für — 198.
- , Angabe von Grundsätzen für ihre Konstruktion 197.
- Stallfußboden aus Beton, Angaben über Vorkehrungen zur Abhaltung von Kälte 199.
- , Beschreibung seiner Herstellung 198.
- Stallgebäude aus Eisenbeton auf dem Forstgut Lopau, Darstellung seiner Ansicht 205.

- Stallgebäude aus Eisenbeton der Rob. Gair Co. Brooklyn, 50 Pferde, seine Darstellung und Beschreibung, Außen- und Innenansicht 213.
- — für Griffith, Haverford, seine Darstellung und Beschreibung 214.
- — für Stallzwecke, als Wagenschuppen, Kutscherwohnung und zur Aufbewahrung von Geschirr und Futter, seine Darstellung und Beschreibung, Querschnitte 199.
- — mit Vorratskammer und Kutscherwohnung nach Yoder, seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht und zwölfseitiger Grundriß 202.
- , Rohrzellendecken nach Wayss, ihre Darstellung und Beschreibung 225.
- Steinsilos, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 191.
- Sterlingtonfarm, Darstellung ihres Grundrisses 212.
- , Darstellung und Beschreibung ihrer Wirtschaftsgebäude aus Eisenbeton 211.
- Straßburg, Eisenbetonsilos der Illkircher Mühlenwerke (50 000 u. 150 000 Sack), ihre Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitte 148.
- Taschenanlage aus Eisenbeton in Esch für Erze (56 000 t), ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 83.
- Taubenhaus aus Eisenbeton der Gedneyfarm, seine Darstellung und Beschreibung (Abb.) 209.
- Tegel, Kohlenspeicher aus Eisenbeton der Berliner Gaswerke (170 000 t), Längs- und Querschnitte, Darstellung und Beschreibung der Anlage 104 u. f.
- Teltowkanal, Eisenbetongetreidespeicher (21 000 m³), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitt 157.
- Treppenhaus, Darstellung seines Querschnittes im Eisenbetonzementsilo für die Titan A. G. in Bukarest (1800 m³) 113.
- , seine Darstellung im Querschnitt bei dem Eisenbetonsilospeicher für die Siloaktiengesellschaft, Düsseldorf 160.
- Trichterausbildung, ihre Darstellung bei dem Eisenbetongetreidesilo in Wolfskirchen (Abb.) 146.
- , — beim Eisenbetongetreidesilo für die Kunstmühle Worms (3000 t) 126.
- Trichterbewehrung, Darstellung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetonerzsilos für die Fentscher Hütte (6000 m³) (Abb.) 76.
- , — bei dem Eisenbetongetreidesilo für die von Bennigsensche Mühle, Banteln 137.
- Trichterlage und Unterbau aus Eisenbeton beim Kornspeicher Großbeeren (Abb.) 128.
- Überlaufslatten, Beschreibung und Darstellung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetonfeinkohlenturm der Zeche Recklinghausen 103.
- Umwehrung aus Eisenbeton, ihre Darstellung und Beschreibung 247.
- Verladekrananlage, ihre Darstellung bei dem Eisenbetongetreidespeicher Danzig (11 000 t) (Abb.) 133.
- Versuche nach Prante zur Feststellung des Einflusses der Getreidebewegung und des Zellenquerschnitts auf die Wanddrücke bei Zellsilos, graphische Darstellung 27.
- Versuchsergebnisse, Zusammenfassung der — nach Pleißner für die Ermittlung von Boden- und Seitendrücken in Getreidezellsilos 26.
- Versuchswerte für Boden- und Seitenkräfte bei einem Getreidesilo aus Eisenbeton nach Pleißner, Zahlentafel 34.
- Verteilungslatten, Darstellung ihrer Anordnung im Dachraum des Eisenbetonfeinkohlenturmes der Zeche Recklinghausen 100.
- Victor Concrete Fence Post-Maschine für die Herstellung von Eisenbetonpfosten, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 254.
- Viehhürden aus Eisenbeton in Chicago, ihre Darstellung und Beschreibung 214.
- Visconsin, Eisenbetonwohnhäuser auf einem Gute in —, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 236.
- Visintinträger, Darstellung und Beschreibung ihrer Anwendung bei Stallgebäuden (Abb.) 231 u. f.
- Völklingen, Feinkohlenbehälter aus Eisenbeton, Grundriß 6,7 m : 8,5 m, Höhe 15,5 m, seine Darstellung und Beschreibung 59.
- Vollendungszeit, Zahlenangabe der — für den Bau des Eisenbetonsandsilos der Peerless Brick Co. (1685 m³) 108.
- Wandkonstruktion, Darstellung ihrer Einzelheiten bei dem Eishaus in Mörchingen, aus Ziegel- und Eisenbetonmauerwerk (Abb.) 259.
- Wassertröge aus Eisenbeton für Viehhürden in Chicago, ihre Darstellung und Beschreibung 214.
- Wayss u. Freytag, Darstellung und Beschreibung ihrer Erzsiloverschlußvorrichtung 66 u. f.
- Weingartenstöcke aus Eisenbeton, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 263.
- Weizensilos, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter

- Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 192.
- Weizen und Roggen, Reibungswinkel zwischen — und Silowand bei Eisenbetonsilos, Zahlenangaben 27.
- Wetzlar, Eisenbetonerzsilos, seine Darstellung und Beschreibung, Längs- und Querschnitt (Abb.) 78.
- Wilmersdorf, Kalkwerk, Darstellung und Beschreibung seines Eisenbetonkohlsilos (6600 t) 93.
- Wingetmaschine zur Herstellung von Betonhohlblöcken, ihre Darstellung (Abb.) 249.
- Wirtschaftsgebäude aus Eisenbeton der Sterlingtonfarm, ihre Darstellung und Beschreibung 211.
- Wirtschafts- und Stallgebäude aus Eisenbeton der Gedneyfarm, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 204 u. f.
- Wohnhaus aus Eisenbeton in Lotznitz, seine Beschreibung und Darstellung 235.
- Wolfskirchen, Getreidesilo aus Eisenbeton (20000 Sack), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß, Längs- und Querschnitt 146.
- Worms, Eisenbetongetreidesilo für die Kunstmühle (3000 t), seine Darstellung und Beschreibung, Ansicht, Längs- und Querschnitte 124 u. f.
- Zahlenbeispiele** für die Ermittlung von Belastungsflächen quadratischer, auf drei Seiten gehaltener Platten 49.
- Zahlenbeispiel und Momentenentwicklung für eine dreiteilige Siloanlage 55.
- Zaun aus Eisenbeton für Viehhürden in Chicago, seine Darstellung und Beschreibung 214.
- Zaunpfahl, Angaben über die von ihm zu erfüllenden Bedingungen 250.
- Zaunpfosten aus Beton, amerikanische Versuche mit — mit und ohne Bewehrung, Zahlenangaben der Versuchsergebnisse 252.
- aus Eisenbeton, Beschreibung ihrer Herstellung 252.
- —, Darstellung der Verbindung von Stacheldraht mit den Pfosten (Abb.) 251.
- —, Darstellung und Beschreibung der Schalung für ihre Herstellung (Abb.) 251.
- Zehensilo aus Eisenbeton in Itzehoe mit sechseckigen und quadratischen Zellen, seine Darstellung und Beschreibung 108.
- Zeichnerische Bestimmung des von der Füllmasse auf Silowände und polygonale Behälterböden ausgeübten Druckes 5.
- Zeitangabe für das Beladen von Eisenbahnwagen bei Anwendung von Erzsilobunkerverschlüssen nach Züblin 70.
- Zellensilobau, seine schematische Darstellung in Grundriß, Schnitten und Einzelheiten 44.
- Zellensilos, Berechnung der Silokräfte nach Janssen, Koenen, Mörsch 28 u. f.
- , Bestimmung des Seitendrucks aus der Durchbiegung der Seitenwand 25.
- , Halbflüssigkeitsgesetz beim Getreidedruck 28.
- , Verfahren zum Abwiegen von Bodendrücken nach Roberts und Janssen 25.
- , Verhältnis $\frac{ps}{pb}$ des Seitendrucks zum Bodendruck bei verschiedenen Getreidesorten 28.
- , Versuche nach Prante zur Feststellung des Einflusses der Getreidebewegung und des Zellenquerschnitts auf die Wanddrücke bei Zellensilos, graphische Darstellung 27.
- , Versuche zur Ermittlung des Seiten- und Bodendrucks 24 u. f.
- Zellensilos, Zusammenfassung der Versuchsergebnisse für die Ermittlung von Boden- und Seitendrücken in Getreidesilos nach Pleißner 26.
- Zementröhren für die Bewässerung von Obstbäumen, Angaben über ihren Einfluß auf deren Gedeihen 266.
- Zementsilo aus Eisenbeton für das Portlandzementwerk Bellerive bei Dellemont (Schweiz) (3640 t), seine Darstellung und Beschreibung, Querschnitte 113.
- für die Titan-A.-G. Bukarest (1800 m³), seine Darstellung und Beschreibung 112.
- in Genua (2900 t), seine Darstellung und Beschreibung, Grundriß und Querschnitt 109.
- Zementsilos, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 192.
- Zinkblendesilo, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 194.
- Zuchtweiher für Forellen aus Eisenbeton, seine Darstellung und Beschreibung 264.
- Zuckerfabrik, Darstellung und Beschreibung einer Rübenschwemmanlage aus Eisenbeton (Abb.) 267.
- Zuckerspeicher, tabellarische Zusammenstellung ausgeführter Beispiele, Zahlenangaben über Inhalt, Anzahl und Größe der Zellen, Baujahr, Bauausführung und Beschreibung 194.
- Züblin, Bunkerverschluß nach —, seine schematische Darstellung und Beschreibung (Abb.) 70.
- , Straßburg, Darstellung und

<p>Beschreibung einiger von der Firma ausgeführten Eisenbetonsilos 141 u. f.</p> <p>Zürich-Schlieren, Eisenbetonkohlsilo für das Gaswerk — (18 000 t), seine Darstellung und Beschreibung 87.</p>	<p>Zugangstreppe, Darstellung ihrer Anordnung bei dem Eisenbetonarbeiterwohnhaus auf dem Forstgut Lopau 203.</p> <p>Zugkräfte in den Silowänden, Formeln für ihre Berechnung</p>	<p>bei kreisrundem, rechteckigem und polygonalem Zellenquerschnitt 42.</p> <p>Zwischenstützen aus Eisenbeton für die Seilbahn eines Gipswerkes, ihre Darstellung und Beschreibung (Abb.) 264.</p>
---	--	---

Veranschlagen von Eisenbetonbauten. Grundlagen für den Entwurf und für die Kostenberechnung von Tief- und Hochbauten. Mit mehreren, der Praxis entnommenen Beispielen: *1. Fabrikgebäude. 2. Getreidesilo. 3. Plattenbalkenbrücke. 4. Bogenbrücke.* Von Dr.-Ing. A. Kleinogel, Privatdozent an der Technischen Hochschule, Darmstadt.
Mit 28 Textabbildungen. 1913. geh. 3,60 M., kart. 4,— M.

Druckverhältnisse in Silozellen. Ein Beitrag zur Berechnung von Silowänden. Von E. Lufft, Reg.-Baumeister.
Mit 19 Abbildungen. 1910. geh. 1,40 M.

Beton-Kalender 1913. Taschenbuch für den Beton- und Eisenbetonbau sowie die verwandten Fächer. Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner herausgegeben von der Zeitschrift „Beton u. Eisen“.
VIII. neubearbeiteter Jahrgang.
U. a. Kapitel: Silo. Bearbeitet von Professor Mörsch, Neustadt.
Mit 1135 Textabb. Teil I in Leinen geb., Teil II geh. beide Teile zus. 4 M.

Einführung in die Berechnung der im Eisenbetonbau gebräuchlichen biegefesten Rahmen. Von Dipl. Ing. H. von Bronneck.
Mit 116 Textabbildungen. 1913. geh. 6,— M., geb. 6,80 M.

Der Rahmen. Einfaches Verfahren zur Berechnung von Rahmen aus Eisen und Eisenbeton mit ausgeführten Beispielen. Von Dr.-Ing. W. Gehler, Professor an der Technischen Hochschule, Dresden.
Mit rd. 170 Textabbildungen. 1913. geh. etwa 7 M., geb. etwa 7,80 M.

Die Berechnung der Rahmenträger mit besonderer Rücksicht auf die Anwendung. Von Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. Fr. Engesser, Professor.
Mit 42 Textabbildungen. 1913. geh. 1,80 M.

Hütte des Bauingenieurs. 21. Auflage.
Sonderausgabe des III. Bandes der „Hütte“, 21. Aufl.
Herausgegeben vom Akademischen Verein „HÜTTE“, E. V.
1168 S. mit 2098 Textabb. 1911. Leinen 9,— M., Leder 10,— M.

‡ *Hierzu als Ergänzung:*

Statische Tabellen. Belastungsangaben und Formeln zur Aufstellung von Berechnungen für Baukonstruktionen. Gesammelt und berechnet von F. Boerner, Ingenieur.
Vierte neubearbeitete Auflage.
Mit 357 Textabbildungen. 1912. geh. 4,20 M.

Beton- und Eisenbetondecken in landwirtschaftlichen Ställen.
Herausgegeben vom Deutschen Beton-Verein (E. V.).
Mit 16 Abbildungen. 1912. geh. 1,— M.

**Bau und Einrichtung der staatlichen höheren Lehranstalten
in Preußen.** Von **O. Dellus**, Geheimer Oberbaurat und vortragender
Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten.
Mit 99 Textabbildungen. 1913. geh. 4,50 M.

Grundwasser-Abdichtung. Darstellung aus der Praxis.
Von **Dr.-Ing. J. Schultze**.
Mit 4 Textabbildungen und einem Anhang. 1913. geh. 1,60 M.

Der Talsperrenbau nebst Beschreibung ausgeführter Talsperren.
Von **P. Ziegler**, Königl. Baurat zu Clausthal. **Zweite** neubearbeitete Aufl.
Mit 314 Textabbildungen. 1910. geh. 20 M., geb. 21,50 M.

Empfohlen durch Runderlaß des Herrn Ministers der öffentl. Arbeiten.

Rechentafel nebst Sammlung häufig gebrauchter Zahlenwerte.
Von **Dr.-Ing. Dr. H. Zimmermann**, Wirkl. Geheimer Oberbaurat.
Ausgabe A ohne besondere Quadrattafel 6. Auflage. 1910. geb. 5,— M.
Ausgabe B mit Anhang: Quadrattafel 7. Auflage. 1913. geb. 6,— M.

**Vereinigung der höheren technischen Baupolizeibeamten
Deutschlands.** Bericht über die IV. Tagung zu Berlin am 12. Februar 1913.
Mit 23 Abbildungen. 1913. geh. 3,60 M.

Seehafenbau. Von **F. W. O. Schulze**, Professor a. d. Tech. Hochschule Danzig.
Band I: **Allgemeine Anordnung der Seehäfen.**
Mit 248 Textabbildungen. 1911. geh. 16 M., geb. 17 M.
Band II: **Ausbau der Seehäfen.**
Mit rd. 600 Textabbildungen. 1913. geh. etwa 20 M., geb. etwa 21 M.

**Beitrag zur Berechnung der kreuzweise bewehrten Eisen-
betonplatten und deren Aufnahmeträger.** Von **Ing. A. Danusso** und **Dipl.
Ing. H. von Bronneck**.
Mit 22 Textabbildungen. 1913. geh. 5,60 M., geb. 6,50 M.

Der Grundbau. Ein praktisches Handbuch. Von **H. Lückemann**, Professor.
Zweite neubearbeitete Auflage.
Mit 252 Abbildungen und 8 Tafeln. 1913. geh. 6 M., geb. 7 M.

Zeitschriftenschau der gesamten Eisenbetonliteratur 1912.
Von **A. Fitzinger**, Ingenieur. 1913. geh. 2,60 M.

Handbuch für Eisenbetonbau.

Nachfolgendes sachlich geordnetes Schlagwortverzeichnis soll jedem Interessenten unter Angabe des entsprechenden Bandes bekannt geben, welche Kapitel in dem Werke behandelt werden und in welchem Bande dieselben zu finden sind.

Bei Bestellung ist genau Auflage, Band und Teil anzugeben.

	Anfl.	Band	Teil		Anfl.	Band	Teil
Abluft-, Dunst- und Rauchschränke	1.	IV	2	Eisenbetonhohlsteine (Mauern)	2.	IX	
Anlagen, bergbauliche Über Tage	2.	VII		Eisenbetonmaste	2.	VII	
Aquadukte	2.	V		Eisenbetonpfähle	2.	III	
Architektur der Brücken	2.	VI		Eisenbetonsäulen	2.	IX	
Architektur der Eisenbetonbauten				Eisenbetonschwellen	2.	VII	
<i>Ergänzungsbd.</i>		I		Eisenbetontreppen	2.	IX	
Aufsteigsschächte	2.	V		Eisenbetonwände	2.	IX	
Aufzüge	2.	II		Eisenbewehrung	2.	II	
Ausfüllung der Oberflächenporen	2.	V		Eisenbrücken mit Eisenbeton	2.	VI	
Ausgestaltung der Eisenbetonbauten				Eisensteindecken	2.	IX	
<i>Ergänzungsbd.</i>		I		Eisensteinwände	2.	IX	
Ausrüstung der Schalungen	2.	II		Eiskeller und Eishäuser	2.	XII	
Ausstellungshallen	1.	IV	2	Elektrolytische Zerstörungen des Eisens			
Auswurfrichter (Bergbau)	2.	VII		im Beton	1.	IV	1
Badanstalten	2.	V		Erker	2.	IX	
Badewannen	2.	V		Fabrikgebäude	1.	IV	2
Bahndurchflüsse	2.	VII		Feathallen	1.	IV	2
Bahnsteige	2.	VII		Feuersicherheit	2.	VIII	
Bahnsteighallen	2.	VII		Feuersicherheit im Geschäftshausbau	1.	IV	2
dgl. (Kragbauten)	2.	IX		Flachgründungen	2.	III	
Balkenbrücken	2.	VI		Flugstaubkanäle	2.	VII	
Balkendächer (Kragbauten)	2.	IX		Flüssigkeitsbehälter	2.	V	
Balkone und Erker	2.	IX		Formbalkendecken	2.	IX	
Baugrundbelastung	2.	III		Freibauten verschiedener Art			
Baustoffe	2.	II		<i>Ergänzungsbd.</i>		I	
Bauten im Bergwerksterrain	2.	III		Freifallmischer	2.	I	
Bauunfälle	1.	IV	3	Freistehende Mauern	2.	III	
Bauunfälle (Talsperren)	2.	IV		Frost, Sicherung gegen	2.	II	
Bauwäden	2.	II		Fußböden in landwirtschaftl. Gebäuden	2.	XII	
Behälter (Gas, Teer, Oel)	2.	V		Fußwegunterführungen	2.	VII	
Behälterwände, Druckversuche auf	2.	XII		Fundierungen (s. a. unter Gründungen)	1.	IV	2
Behandlung sichtbarer Oberflächen und				Futterbarren	2.	XII	
Zierwerk	<i>Ergänzungsbd.</i>	I		Futtermauern	2.	III	
Belastung der Dächer	1.	IV	1	Galerien für Theater	2.	IX	
Belastungsannahmen bei Brücken	2.	VI		Gangstege	2.	VI	
Beleuchtungsverhältnisse	1.	IV	2	Gasbehälter	2.	V	
Berechnung der Säulen	2.	I		Gefäßbauten	<i>Ergänzungsbd.</i>	I	
Bergbau	2.	VII		Geldschränke	1.	IV	2
Bestimmungen (Übersicht)	1.	IV	3	Gelenke	2.	VI	
Betonbogenbrücken	2.	VI		Gerüstung bei Bogen	2.	II	
Betonierungsregeln	2.	II		Geschäftshäuser	1.	IV	2
Betonmischmaschinen	2.	II		Geschichte des Eisenbetons	2.	I	
Bindemittel (Baustoffe)	2.	II		Gesimse	2.	IX	
Blendmauern	2.	III		Gestaltung, künstlerische	<i>Ergänzungsbd.</i>		
Blitzschutz	2.	VIII		Getreidespeicher	2.	XII	
Bogen und Gewölbe	<i>Ergänzungsbd.</i>	I		Gewächshäuser	2.	XII	
Bogenbrücken und Ueberwölbungen	2.	VI		Gewölbe (Kuppelgewölbe)	1.	IV	1
Bogendächer	1.	IV	1	Gewölbe (Theorie u. Versuche)	2.	I	
Bogendecken (Gewölbte Eisenbetondecken)	2.	IX		Giebelmauern	2.	III	
Hollwerke	2.	IV		Glasbausteine	1.	IV	1
Boote in Eisenbeton	2.	IV		Großräumige Silos	2.	IX	
Brücken	2.	VI		Gründungen	2.	III	
Brücken, u. zwar Eisenbahnbalkenbrücken	2.	VII		dgl.	1.	IV	2
Brücken (Architektur)	<i>Ergänzungsbd.</i>	I		dgl. von Masten	2.	VII	
Brunnengründungen	2.	III		Hafendämme	2.	IV	
Bühnen	2.	IV		Haftfestigkeit	2.	I	
Bureauhäuser	1.	IV	2	Hallenbauten	2.	VII	
Chargenmischer	2.	II		dgl.	1.	IV	
Chemische Einwirkung verschiedener				dgl.	1.	IV	2
Flüssigkeiten	2.	V		dgl.	<i>Ergänzungsbd.</i>		
Dachbauten	1.	IV	1	Handmischung	2.	II	
Dachkonstruktionen (Fabrikbauten)	1.	IV	2	Hellinge	2.	IV	
Dachrinnen	1.	IV	1	Hochbahnen (Kohlenhochbahnen)	2.	VII	
Dalben	2.	IV		Hochbehälter	2.	V	
Dammbauten	2.	IV		Hochbehälter (Kragbauten an)	2.	IX	
Dammröhren	2.	V		Hohlkörpergründungen	2.	III	
Decken	2.	IX		Hohlsteindecken	2.	IX	
Decken (Landwirtschaftliche Bauten)	2.	XII		Holländer	2.	V	
Deckendurchbildung (Geschäftshäuser)	1.	IV	2	Innerer Ausbau	2.	IX	
dgl.	<i>Ergänzungsbd.</i>	I		Industriebauten	1.	IV	2
Dichten von Flüssigkeitsbehältern	2.	V		Innenkonsolen	2.	IX	
Drehscheiben	2.	VII		Kabelleitungen, -Tunnel, -Türme	2.	VII	
Dreiecksfachwerkträger	2.	VI		Kaimauern	2.	IV	
Druckfestigkeit des Eisenbetons	2.	I		Kanalbrücken	2.	V	
Düker	2.	V		Kanalleitungen	2.	V	
Durchlässe	2.	VII		Kassettendecken	<i>Ergänzungsbd.</i>	I	
Durchlässe	2.	V		Kassettendecken (Geschäftshäuser)	1.	IV	2
Einbringen des Betons	2.	II		Kastengründungen	2.	III	
Einfriedigungen	1.	IV	2	Kellereien	2.	V	
Einfriedigungsmauern	2.	III		Kellerräume (Geschäftshaus)	1.	IV	2
Eisen als Baustoff	2.	II		Keller, Wasserdichte	2.	III	
Eisenbahnbalkenbrücken	2.	VII		Kirchen, Synagogen	1.	IV	1
Eisenbetonbestimmungen	1.	IV	3	Kirchen	1.	IV	2
Eisenbetondecken	2.	IX		Kirchengewölbe	2.	II	
Eisenbetongewölbe (Theorie)	2.	I		dgl. (Decken)	2.	IX	
Eisenbetongewölbe (Decken)	2.	IX		Kohlenhochbahnen	2.	VII	
Eisenbetongewölbe (Kuppelgewölbe)	1.	IV	1				

PG Politechniki Śląskiej w Gliwicach
nr inw.: 11 - 11320



Dyr.1 11751