

# Silobauten in Beton und Eisenbeton

**Cement-Verarbeitung Heft 4**

6.—10. Tausend

**Cementverlag**

G. m. b. H.



Charlottenburg,  
Knesebeckstr. 74

1914

G. 19a  
126

G. 19a/126

# Bezugsquellen-Verzeichnis.

## Asphalt- und Teerprodukte.

A. W. Andernach, Beuel a. Rh.  
Aktiengesellschaft Jeserich, Charlottenburg,  
Salzburger 18.  
C. F. Beer Söhne, Cöln a. Rh.

## Baulokomobilen.

Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft m. b. H.  
Leipzig 87.  
Oronstein & Koppel — Arthur Koppel,  
Aktiengesellschaft, Berlin SW 01, Tempel-  
hofer Ufer 24.  
R. Wolf, Magdeburg-Buckau.

## Baumaschinen, Bauaufzüge etc.

Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft m. b. H.  
Leipzig 87.  
Alpine Maschinenfabrik-Gesellschaft, Augsburg 2.  
Gauhe, Gockel & Cie., G. m. b. H., Ober-  
lahnstein a. Rh.  
Menck & Hambrock, G. m. b. H., Altona  
a. E. 79.

## Becherwerke, Elevatoren, Schnecken etc.

Adolf Bleichert & Co., Leipzig und Wien.  
G. Luther, Braunschweig.  
G. Polyakus, Dessau.  
Georg Becker & Co., Magdeburg-Sudenburg II.  
Mannstaedt-Werke A.-G., Troisdorf bei Köln.  
Rheinische Maschinenfabrik Neuf a. Rh.

## Beton- u. Mörtelmischmaschinen und Mischkollergänge.

Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft m. b. H.  
Leipzig 87.  
Dr. Gaspary & Co., Markranstädt 206 bei  
Leipzig.  
Fried. Krupp A.-G., Grusonwerk, Magdeburg.  
Gauhe, Gockel & Cie., G. m. b. H., Ober-  
lahnstein a. Rh.  
Kgl. Bayr. Hüttenamt, Sonthofen.  
Lindenthal & Cie., Charlottenburg, Wilmers-  
dorfer Str. 85.  
Mannstaedt-Werke A.-G., Troisdorf bei Köln.  
Wolf & Cie., Guben N.-L.

## Betonierkabelkrane.

Adolf Bleichert & Co., Leipzig und Wien.

## Betonwerkzeuge.

Carl Peschke, Zwillbrücken (Rheinplatz).  
Giesbert & Herz, Frankfurt a. M., Berlin  
W. 59, Nachodstr. 17.  
Menck & Hambrock, G. m. b. H., Altona  
a. E. 79.

## Betriebsmaschinen.

Heinrich Lanz, Mannheim.  
R. Wolf, Magdeburg-Buckau.

## Biegeapparate, Schneidemas

Adolf Pfeiffer & W. L.  
Mannheim.  
Maschinenfabrik „Futur“  
& Cie., Elbertfeld, Car

## Biegunsmesser.

Gustav Griot, Ingenieur, Zürich, Freiestr. 94.  
Otto A. Gansser, Wien VII, Neustiftgasse 94.

## Bimssand und Bimskies.

Heinz Schmieder, Neuwied a. Rh.  
J. Mourin, Andernach a. Rh.  
Johann Holniges, Andernach a. Rh.  
Rhein. Schwemmstein-Syndikat G. m. b. H.,  
Neuwied.

## Cementsteinpressen.

Dr. Gaspary & Co., Markranstädt 206 bei  
Leipzig.

## Cement-Untersuchung und Begutachtung.

Laboratorium des Vereins Deutscher Portland-  
Cement-Fabrikanten, Karlshorst b. Berlin.

## Dichtungsmittel.

Aquabar G. m. b. H., Berlin N. 20, Prinzen-  
allee 21.  
A. W. Andernach, Beuel a. Rh.  
Deutsche Elronit-Gesellschaft, G. m. b. H.,  
Beckum.  
Elsässische Emulsionswerke G. m. b. H.,  
Straßburg.  
Hauenschild-Kesslerfluote, Berlin NW. 21.  
Paul Lechler, Stuttgart.  
Wunnersche Bitumen-Werke, G. m. b. H.,  
Unna I. Westf.

## Farben.

Dr. Gaspary & Co., Markranstädt 206 bei  
Leipzig.

## Formen- und Formmaschinen für Cementwaren und Kunststein.

Berbet-Maschinenbau G. m. b. H., Halle a. S.  
Dr. Gaspary & Co., Markranstädt 206 bei  
Leipzig.  
Kgl. Bayr. Hüttenamt, Sonthofen.  
Lindenthal & Cie., Charlottenburg, Wilmers-  
dorfer Str. 85.  
Mannstaedt-Werke A.-G., Troisdorf bei Köln.  
Sächsische Betonpflosten- und Formbaufabrik  
H. Gehlhaar, Oschatz I. Sa.  
Wolf & Cie., Guben N.-L.

## Granitoidplattenpressen.

Fried. Krupp A.-G. Grusonwerk, Magdeburg.

## h- u. Sortiermaschinen.

& Co., Markranstädt 206 bei  
Leipzig.  
A.-G., Grusonwerk, Magdeburg.  
L. & Cie., Oberlahnstein a. Rh.  
Hüttenamt, Sonthofen.  
Werke A.-G., Troisdorf bei Köln.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297371

# Silobauten in Beton und Eisenbeton

Herausgeber:

**Regierungsbaumeister Dr.-Ing. Riepert,**  
Vorstand der Centralstelle zur Förderung  
der Deutschen Portland-Cement-Industrie



Cement-Verarbeitung Heft 4

6.—10. Tausend

Cementverlag G. m. b. H., Charlottenburg, Knesebeckstr. 74

1914

(32880)

X  
2412/2

Og. 19. a / 120



11-348546

Nachdruck verboten — Alle Rechte vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

~~11-348546~~

## Silobauten in Beton und Eisenbeton.

Unter Silos versteht man Behälter, die zur Lagerung irgendwelcher trockenen Massengüter, wie Getreide, Cement, Holzschnitzel, Steinschlag, Kohle, Erz u. dgl. dienen. Ihre Einrichtung ist derartig, daß das Füllgut meist mit mechanischen Hilfsmitteln dem Fassungsraum von oben zugeführt wird und durch Wirkung der eigenen Schwere mittels eines im Boden befindlichen Auslaufes entnommen werden kann. Die allgemeinere Einführung derartiger Anlagen in der modernen Form, wie wir sie heute in großer Zahl vorfinden, ist jüngeren Datums und wurde überhaupt erst durch die Verwendung des Eisenbetons möglich, der wegen seiner großen Vorzüge gegenüber allen anderen Baustoffen als das für Silobauten geeignetste Material bezeichnet werden muß. Zweck dieser Abhandlung ist es, in erster Linie diese Vorzüge des Eisenbetons, die zum Teil mit denen des Betons übereinstimmen, außerdem aber auch die Vorteile der Lagerung in Silos überhaupt gegenüber anderen Lagerungsmethoden zur allgemeinen Kenntnis zu bringen.

Schon seit langer Zeit hat man sich bemüht, für Massengüter eine wirtschaftlich und betriebstechnisch vorteilhafte Lagerungsweise zu finden. Für rohe, von Witterungsverhältnissen wenig abhängige Stoffe wählte man die Lagerung auf offenen oder nur leicht überdeckten Lagerplätzen, bei denen die Zu- und Abfuhr des Materials auf mechanischem Wege erfolgte. Auch heute ist diese Art der Lagerung noch weit verbreitet. Wir finden Beispiele für sie in fast sämtlichen Kohlenlagerplätzen der Eisenbahnverwaltung, in den Erz- und Kohlenlagern der Häfen, in vielen Lagerplätzen von Steinbrüchen und in mannigfachen ähnlichen Anlagen. Für emp-

Allgemeines  
über Silos.  
Begriffs-  
erklärung.

Geschichte.

findliche Stoffe, wie Getreide, mußte man auf Schutzmittel gegen äußere Einflüsse bedacht sein und sah sich infolgedessen gezwungen zu ihrer Lagerung geschlossene Gebäude zu errichten. Um die Anlagekosten möglichst einzuschränken wurde eine größere Anzahl von Schüttböden übereinander angeordnet. Das Einbringen wie Fortschaffen des Getreides erfolgte ebenfalls mechanisch. Die große Anzahl von alten und modernen Speichern in unseren Hafenstädten ist nach diesem Prinzip eingerichtet.

Erst um die Mitte des 19. Jahrhunderts wurde der Silobau in Amerika eingeführt. Bei den hier zur Lagerung kommenden großen Getreidemengen suchte man die nicht unbedeutenden Kosten für Zu- und Abfuhr, sowie den bei Speichern ganz erheblichen Bedarf an Baugrund durch praktische Einrichtung der Lagerräume selbst zu verringern. Dieses Ziel erreichte man durch die Anordnung der Silos. Aber trotz ihrer großen Vorzüge blieb auch in Amerika die Zahl derartiger Anlagen wegen der hohen Baukosten nur klein. Für Europa war bei der damals noch geringen Konzentration des Handels, bei den noch verhältnismäßig niedrigen Bodenpreisen und Arbeitslöhnen das Bedürfnis für eine besonders bei großen Mengen zweckmäßige Lagerung nicht vorhanden, zumal ja diese Zweckmäßigkeit nur mit großen Anlagekosten erreicht werden konnte. Erst in den 80er Jahren kam infolge des Steigens der Arbeitslöhne und Bodenpreise und infolge der Erkenntnis seiner großen Vorteile der Silobau auch in Europa zur Einführung. Die ersten größeren derartigen Anlagen sind die Getreidesilos von Galatz und Braila, wo der lebhafte Getreidehandel des Schwarzen Meeres für den Bau solcher Anlagen besonders günstige Verhältnisse schuf. Ganz allmählich fand der Silobau weitere Verbreitung, um mit der Einführung des Eisenbetons plötzlich einen gewaltigen Aufschwung zu nehmen. Der Grund hierfür liegt hauptsächlich in den großen Vorteilen, die der Eisenbeton gerade für Silos gegenüber anderen Baustoffen aufweist.

**Baustoffe.**  
Eisen.

Für Silobauten stand vor Einführung des Eisenbetons an Baustoffen Eisen, Holz, Mauerwerk und Stampfbeton zur Verfügung. Das infolge seiner großen Tragfähigkeit konstruktiv auch für Silobauten geeignete Eisen weist neben diesem Vorzug Nachteile auf, die es nicht immer als geeignetes Baumaterial erscheinen lassen. Es ist da in erster Linie die wirtschaftliche Seite zu erwähnen. Eisenkonstruktionen erfordern ganz bedeutende Unterhaltungskosten und können aus diesem Grunde unter normalen Verhältnissen mit Eisenbeton nicht konkurrieren.

Die drei zu verschiedenen Zeiten erbauten Teile eines Kohlensilos der Zellstofffabrik Waldhof-Mannheim versinnbildlichen in charakteristischer Weise den Siegeszug, den der Eisenbeton im Silobau gehalten hat. Während der älteste Teil aus reiner Eisenkonstruktion (Eisenfachwerk mit Wellblechfüllung) bestand, waren bei dem später gebauten Siloteil als Füllung für das Eisenfachwerk bereits Eisenbetonplatten verwandt worden. Der neueste im Jahre 1909 erfolgte Erweiterungsbau besteht vollkommen aus Eisenbeton. Mit Rücksicht auf den bestehenden Silo war auch für den letzten Anbau eine Eisenkonstruktion in Aussicht genommen. Bei genauer Prüfung ergaben sich jedoch für den Eisenbetonbau derartige wirtschaftliche Vorteile, daß man trotz des Gegensatzes zur alten Anlage diese Ausführung wählte. Der Bau wurde von der Firma Tesseroux & Stoffels G. m. b. H. in Mannheim ausgeführt und ist in Abb. 1 bis 3 zur Darstellung gekommen.

Ein weiterer Nachteil der Eisenkonstruktionen besteht in ihrer geringen Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und in ihrer ungenügenden Sicherheit gegen Feuerübertragung. Bekanntlich nimmt die Festigkeit des Eisens unter dem Einfluß großer Hitze außerordentlich schnell ab. Die Konstruktionsteile werden weich, verbiegen sich und bringen unter Umständen den ganzen Bau zum Einsturz, wodurch natürlich der durch Feuer angerichtete Schaden erheblich vergrößert wird. Eiserne Zwischenwände aber übertragen infolge ihrer guten Wärmeleitung die Temperatur einer Zelle in fast voller Höhe auf die Nachbarzelle, so daß im Falle eines Brandes das die Zwischenwand berührende Füllgut der Nachbarzelle bald die Entzündungstemperatur erreicht und ebenfalls in Brand gerät. Besonders für leicht brennende oder wertvolle Füllgüter ist daher die Verwendung von Eisen äußerst bedenklich. Es ist deshalb beispielsweise mit Recht bei dem im Jahre 1912 erfolgten Bau eines 400 cbm fassenden Kohlensilos der Papierfabrik Floßmühle im Flöhatal, (über den in der Fachzeitschrift „Beton und Eisen“, Jahrgang 1913, Heft VI auf Seite 131 genauere Angaben veröffentlicht sind), neben dem wirtschaftlichen Vorteil gerade die unbedingte Feuersicherheit für die Wahl von Eisenbeton maßgebend gewesen.

Die gute Wärmeleitung des Eisens bringt noch andere Nachteile sowohl für die Konstruktion wie für den Behälterinhalt mit sich. Denn durch sie wird bei größeren Temperaturunterschieden zwischen dem Behälterinnern und der Außenluft das Schwitzen der Wände begünstigt, daher die Rostbildung an der Konstruktion befördert und der mit den Wänden in Berührung kommende Füllstoff verdorben. Verteuerung der Unterhaltung und Verlust an Füllgut sind

die Folge. Bei der geringeren Fähigkeit Wärme zu übertragen, die den Beton- und Eisenbetonbauten eigen ist, treten diese Fehler nicht auf.

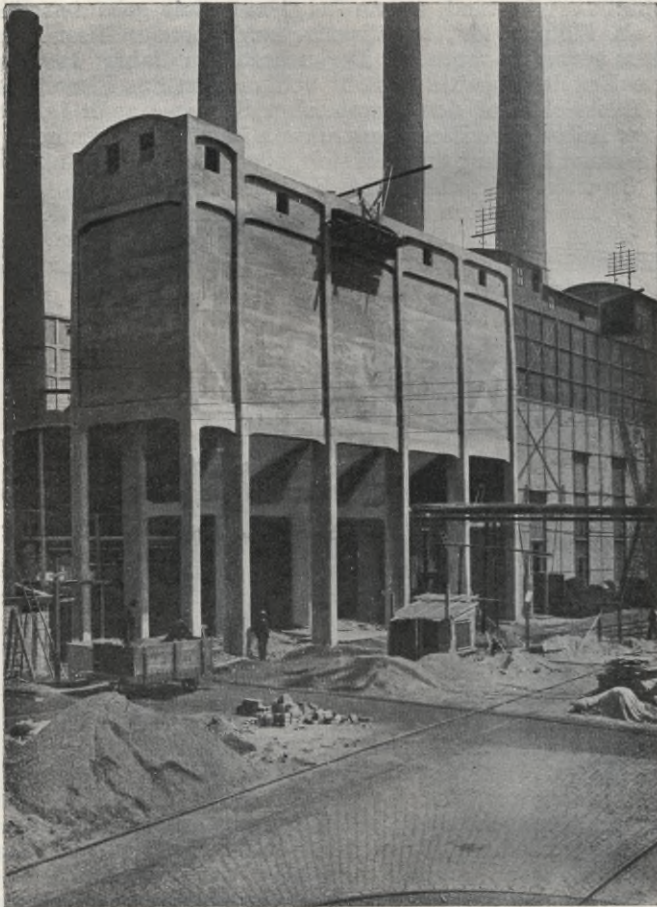


Abb. 1. Kohlensilo der Zellstofffabrik Waldhof-Mannheim.  
(Tesseraux & Stoffels G. m. b. H., Mannheim.)

Holz, das in letzterer Hinsicht wohl am vorteilhaftesten wäre, besitzt nur geringe Festigkeit und eignet sich daher nur für leichtere oder untergeordnete Konstruktionen. Bei



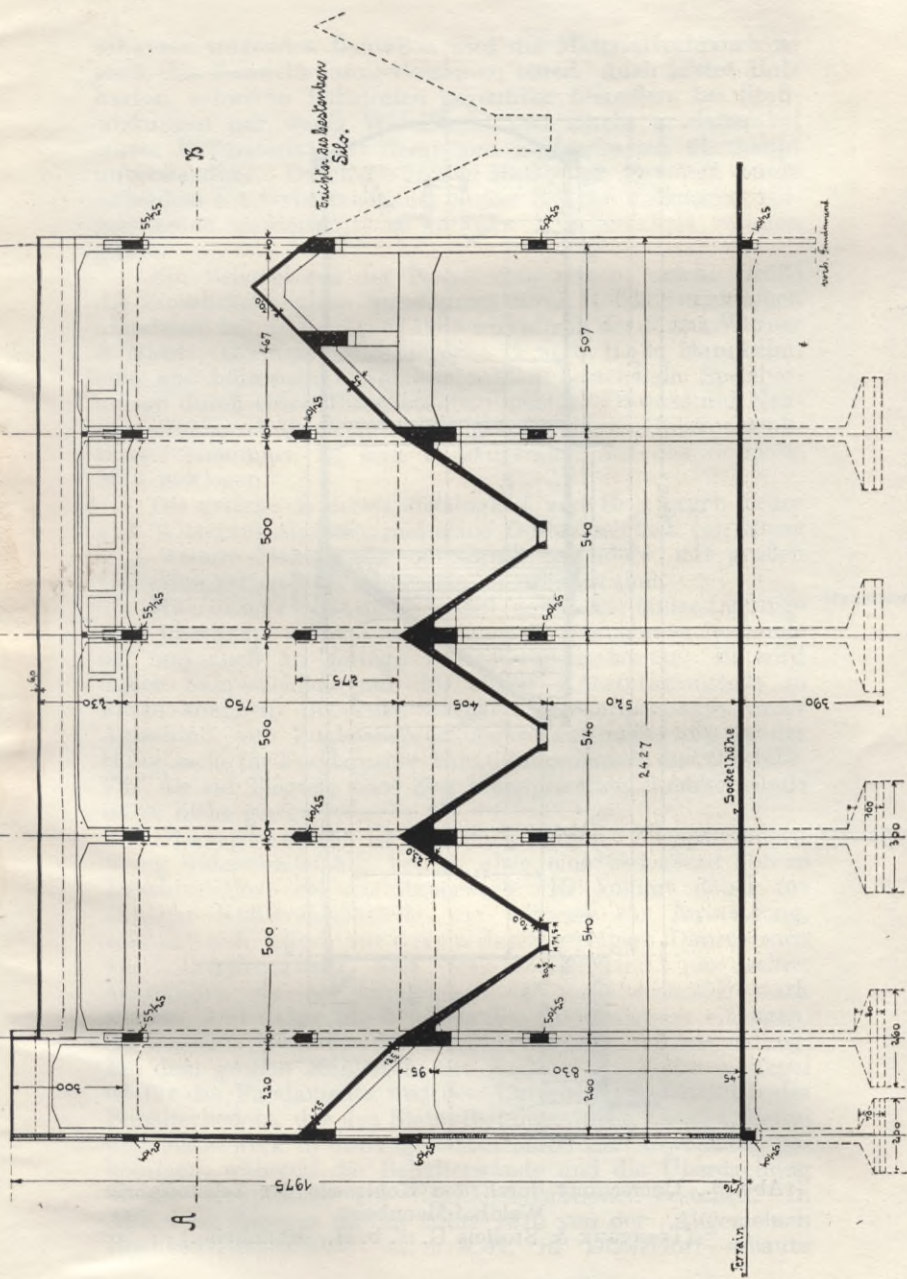


Abb. 2. Längsschnitt durch den Kohlsilo der Zellstoffabrik Waldhof-Mannheim  
(Tesseraux & Stoffels G. m. b. H., Mannheim.)

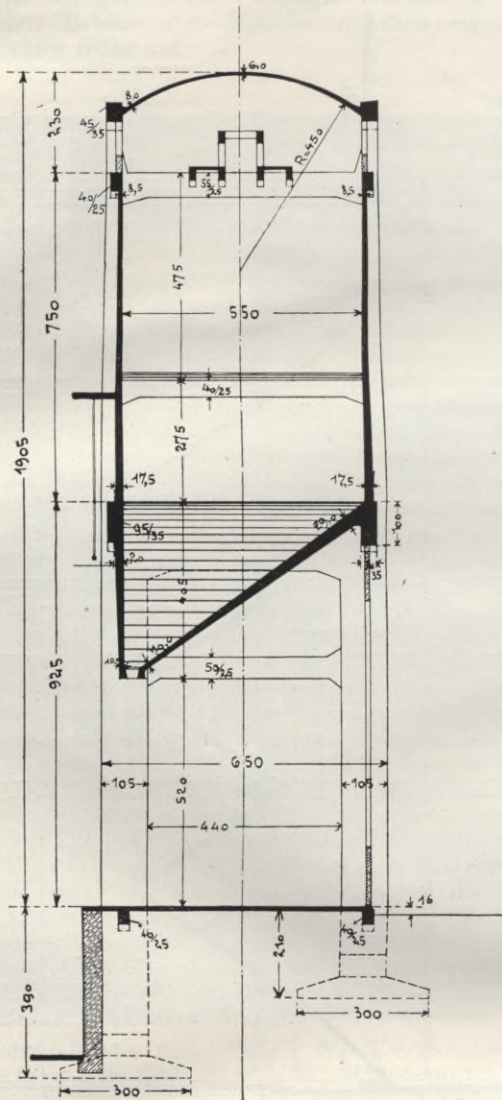


Abb. 3. Querschnitt durch den Kohlsilo der Zellstoffabrik Waldhof-Mannheim.  
(Tesseraux & Stoffels G. m. b. H., Mannheim.)

schweren tragenden Bauteilen wird der Materialverbrauch zu groß, das Bauwerk infolgedessen zu teuer. Auch leistet Holz harten, schweren Füllstoffen gegenüber besonders bei Stoßwirkungen nur wenig Widerstand und macht es daher bei einem Füllmaterial mit derartigen Eigenschaften überhaupt unverwendbar. Durch die großen Massen an Baustoff würde außerdem ein verhältnismäßig großer Teil des Füllraumes eingenommen werden und so für den Behälterinhalt verloren gehen.

Ein Beispiel aus der Praxis mag zeigen, welche Größe die Einschränkung des Nutzraumes durch Holzkonstruktionen annehmen kann. Im Jahre 1905 wurde von der Firma Werner & Nicola, Germania-Mühlenwerke G. m. b. H. zu Mannheim, eine aus hölzernen Getreideschächten bestehende Speicheranlage durch einen Eisenbetonbau ersetzt. Obwohl der Neubau annähernd die Grundrissfläche der früheren Holzkonstruktionen einnimmt, ist sein Fassungsraum auf das doppelte Maß gestiegen.

Die geringe Widerstandsfähigkeit von Holz gegen Feuer und Witterungseinflüsse und seine Durchlässigkeit von Nässe sind weitere Mängel, die nur durch besondere, mit großen Unkosten verbundene Maßregeln zu beheben sind.

Mauerwerk hat den Nachteil, daß es nur äußerst geringe oder überhaupt keine Zugspannungen aufzunehmen imstande ist, und auch zu geringe Durchfestigkeit besitzt. Es wird daher hauptsächlich nur für solche Konstruktionsteile in Frage kommen, in denen niedrige Druckspannungen unter Ausschluß von Zugbeanspruchungen auftreten, also in der Hauptsache für Fundamente, Umhüllungsmauern und Gewölbe. Für die auf Biegung oder Zug beanspruchten Behälterwände ist es nicht geeignet.

Mauerwerk.

Stamfbeton ist ebenfalls gegen Zugspannungen wenig widerstandsfähig, besitzt aber eine bedeutend höhere Druckfestigkeit als das Mauerwerk. Er kommt daher für ähnliche Konstruktionsteile wie letzteres zur Anwendung, zeichnet sich jedoch vor diesem durch geringere Dimensionen aus. Behälterwände aus Stamfbeton sind nur selten ausgeführt, da sie immerhin noch verhältnismäßig stark werden, und daher wie bei Holz den Fassungsraum einengen. Sie kommen besonders für niedrige Behälter zur Anwendung. Bei dem großen Kohlensilo der Berliner Gaswerke in Tegel ist für die Fundamente und den Unterbau einschließlich des Behälterbodens, der aus Stamfbetongewölben besteht, Beton und Mauerwerk in umfangreichem Maße zur Anwendung gekommen, während die Behälterwände und die Überdachung in der Hauptsache aus Eisenkonstruktionen bestehen. In Abb. 4 ist dagegen die im Jahre 1910 von der „Allgemeinen Hochbau-Gesellschaft“ G. m. b. H. in Düsseldorf erbaute

Stamfbeton.

Erztaschenanlage für die Firma Henschel & Sohn, Abt. Heinrichshütte in Hattingen-Ruhr, während ihres Baues dargestellt,

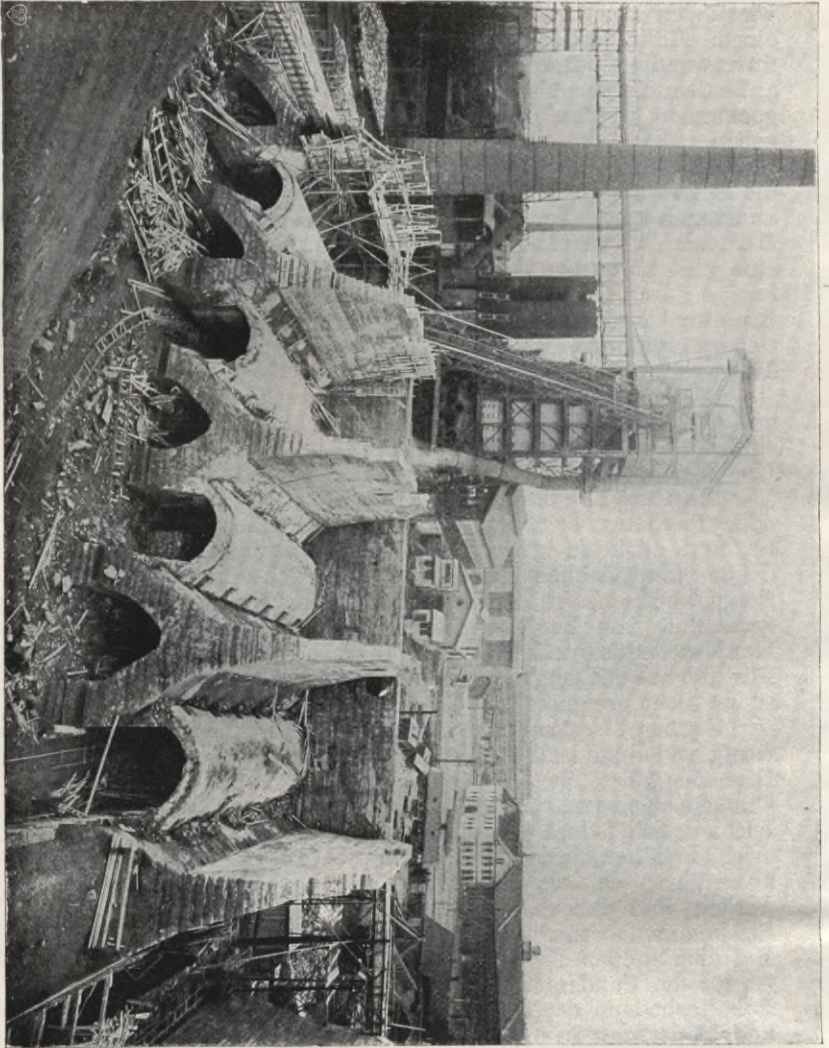


Abb. 4. Erztaschenanlage der Firma Henschel u. Sohn, Abt. Heinrichshütte in Hattingen-Ruhr, im Bau. (Allgemeine Hoehbau-Gesellschaft, G. m. b. H., Düsseldorf.)

bei der außer dem Unterbau auch die Behälterwände in reinem Stampfbeton ausgeführt sind. Sie zeigen die für dieses Baumaterial charakteristischen großen Abmessungen.

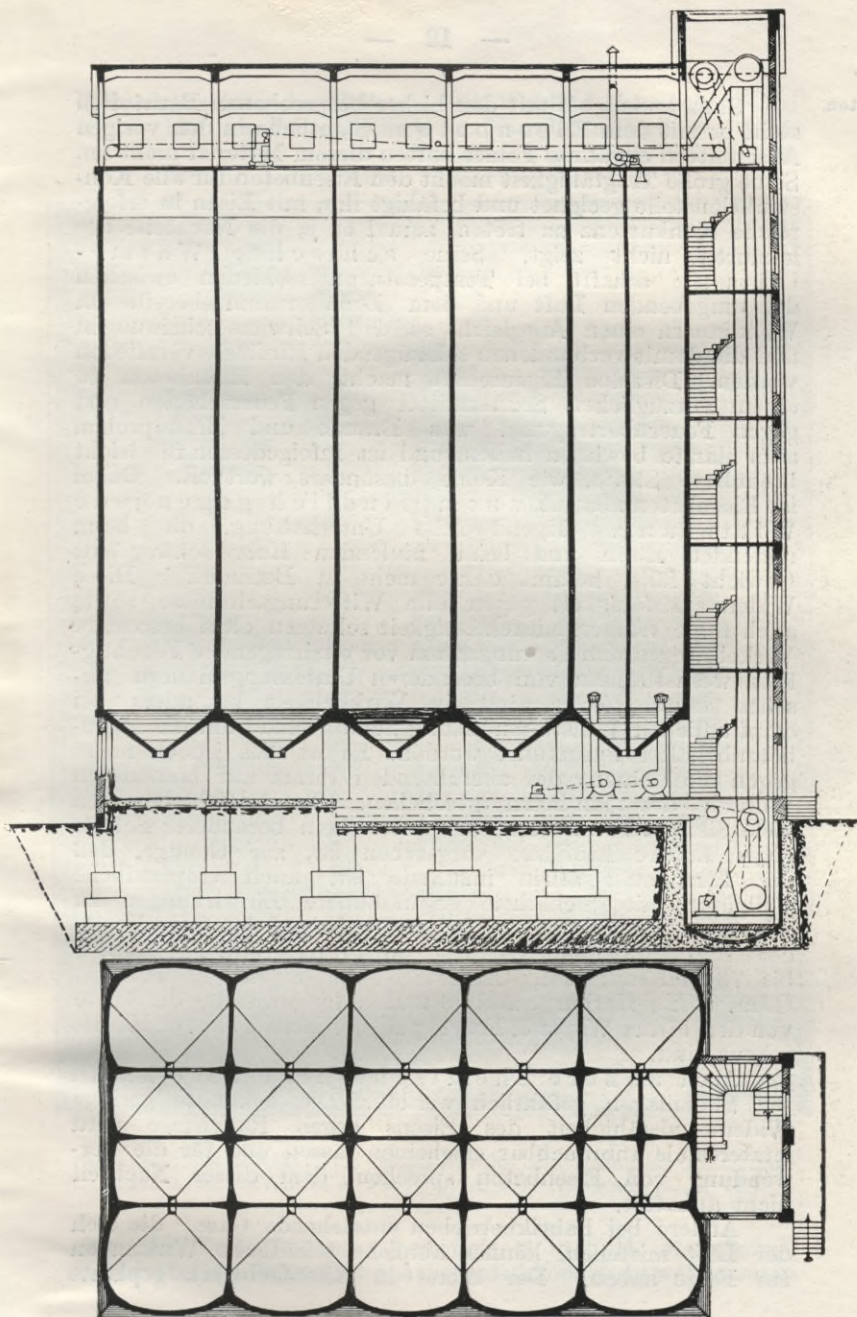


Abb. 5. Längsschnitt und Grundriß des Getreidesilos der Hafenmühle in Frankfurt a. M. (Wayss & Freytag A. G., Neustadt a. d. H.)

## Eisenbeton.

Ganz anders als mit den bisher besprochenen Baustoffen steht es mit dem Eisenbeton. Sämtliche in den vorigen Abschnitten erwähnte Fehler haften diesem Material nicht an. Seine große Tragfähigkeit macht den Eisenbeton für alle Konstruktionsteile geeignet und befähigt ihn, mit Eisen in erfolgreiche Konkurrenz zu treten, zumal er ja die Nachteile des letzteren nicht zeigt. Seine schlechte Wärmeleitung schafft bei Temperaturunterschieden zwischen der umgebenden Luft und dem Behälterraum bereits im Wandinnern einen Ausgleich, so daß Schwitzerscheinungen und die damit verbundenen schädigenden Einflüsse vermieden werden. Dieselbe Eigenschaft macht den Eisenbeton zu einem vorzüglichen Schutzmittel gegen Feuerschäden und gegen Feuerübertragung, was Brände und Brandproben aufs klarste bewiesen haben, und ist infolgedessen für leicht brennbare Stoffe, wie Kohle, besonders wertvoll. Dabei ist Eisenbeton absolut unempfindlich gegen jede Witterung. Irgendwelche Unterhaltung, die beim rostenden Eisen und beim faulenden Holz schwer ins Gewicht fällt, kommt daher nicht in Betracht. Diese Widerstandsfähigkeit gegen alle Witterungseinflüsse sowie auch seine Wasserundurchlässigkeit schützen ohne besondere Vorkehrungen den Fassungsraum vor eindringender Feuchtigkeit, weshalb man von besonderen Umfassungsmauern absehen kann. Zwar sind in Wirklichkeit besonders bei empfindlichen Füllstoffen häufig Schutzwände um die Eisenbetonbehälter ausgeführt worden. Es ist dies jedoch meist gegen die Meinung der ausführenden Firma auf besonderen Wunsch des Bauherrn geschehen. Tatsächlich beweisen viele Silos in Eisenbeton, bei denen kein besonderer Schutz gegen äußere Einflüsse vorgesehen ist, zur Genüge, daß der Eisenbeton allein imstande ist, auch empfindliche Füllgüter mit Sicherheit gegen äußere Einwirkungen zu schützen. Zum Beweise sei beispielsweise auf den Getreidesilo der Hafenmühle am Osthafen in Frankfurt a. M., Abb. 5 bis 7, und auf den Cementsilo der Firma A. Märker, G. m. b. H., Harburg, Abb. 8 und 9, hingewiesen, die beide von der Firma Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. Hardt, erbaut sind.

Auch äußere chemische Einflüsse können für Siloanlagen gefährlich werden. Die bekannte geringe Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Rauchgase wird letzteres als unbrauchbar erscheinen lassen und für die Verwendung von Eisenbeton sprechen, dem dieser Nachteil nicht anhaftet.

Andere bei Fabrikbetrieben entstehende Gase, die sich der Luft mitteilen, können ähnliche schädliche Wirkungen zur Folge haben. Der zuerst in Eisenfachwerk geplante

Holzschnittzelsilo der Zellstofffabrik Waldhof-Mannheim (Abb. 10 bis 13) wurde schließlich in Eisenbeton erbaut (aus-

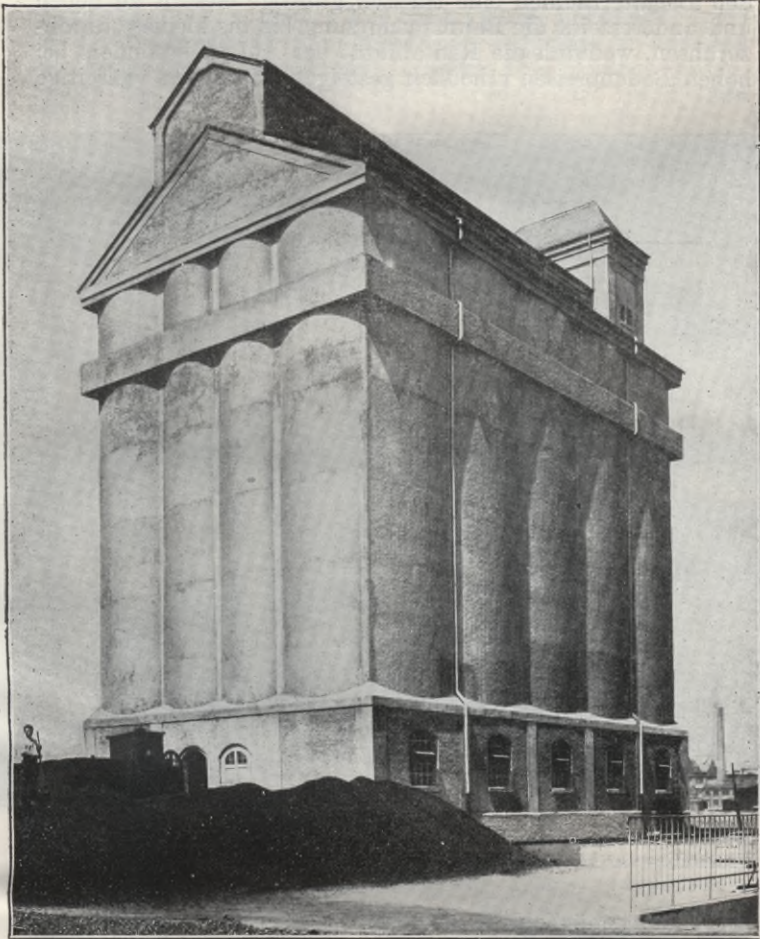


Abb. 6. Getreidesilo der Hafenmühle am Osthafen in Frankfurt a. M. (Wayss & Freytag, A.-G., Neustadt a. d. H.)

führende Firma Tesseraux & Stoffels, G. m. b. H. (Mannheim), weil die bei der Zellstofffabrikation entstehenden schwefligsauren

Dämpfe eine Beschädigung der freien Eisenflächen befürchten ließen.

Das Anpassungsvermögen des Eisenbetons, das ihn befähigt, alle Formen anzunehmen, gestattet es, einerseits den Behälterräumen eine statisch günstige Gestalt zu geben und andererseits die Raumausnutzung bis ins kleinste durchzuführen, wodurch die Rentabilität der Anlage besonders bei hohen Bodenpreisen erheblich gesteigert wird. Die vielseitige

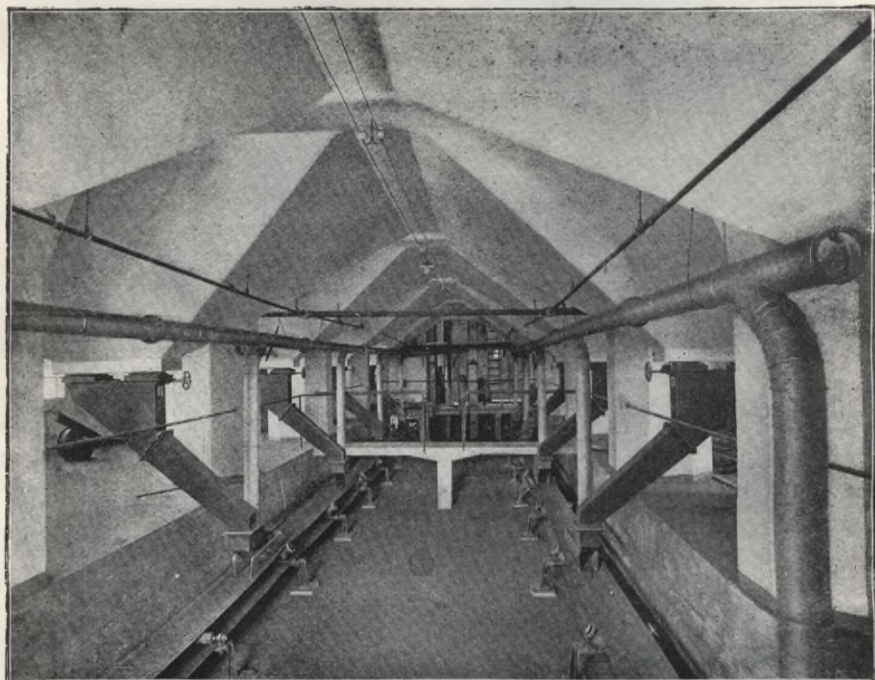


Abb. 7. Trichterausläufe des Getreidesilos der Hafemühle in Frankfurt a. M. (Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

Anwendungsmöglichkeit des Eisenbetons erlaubt weiterhin für den ganzen Bau die einheitliche Durchführung der gleichen Konstruktionsweise, ein Vorteil, den kein anderer Baustoff aufweisen kann. Durch ihn wird es möglich, die ganze Anlage nur einem Unternehmer zu übertragen und so zu erreichen, daß für das ganze Bauwerk nur einmalige Rüstung, einmaliges Werkzeug, ein leitender Vertreter usw. erforderlich wird und eine nicht unbedeutende Verbilligung erzielt werden kann.



Aus diesen Erörterungen geht hervor, daß im allgemeinen bei der Wahl des Baustoffes für Silobauten stets der Eisenbeton wegen seiner mannigfachen Vorzüge zu berücksichtigen ist. Diesen Anspruch kann er um so mehr erheben, als er, abgesehen von seinen allgemeinen Vorzügen, auch noch für die einzelnen Füllgüter im Gegensatz zu anderen Baustoffen ganz bedeutende besondere Vorzüge aufzuweisen hat, auf die wir im folgenden noch kurz für die am häufigsten vorkommenden Füllstoffe eingehen wollen.

Nicht alle Baumaterialien eignen sich für jedes Füllgut in gleicher Weise. Denn einerseits kann der Baustoff des Silos auf das Füllgut schädigende Einflüsse ausüben, während andererseits das Baumaterial von dem Behälterinhalt in Mitleidenschaft gezogen und der Bestand des Bauwerkes in Frage gestellt werden kann.

Bei Getreidesilos ist die gegen Feuchtigkeit schützende und die Temperaturunterschiede ausgleichende Eigenschaft des Betons im Interesse des Füllgutes von großem Nutzen. Zugleich bieten die massiven Behälterwände sicheren Schutz gegen jegliches Ungeziefer.

Ist Kohle das Lagergut, so wird es bei der Wahl des Baustoffes erforderlich sein, festzustellen, ob das zur Verwendung kommende Baumaterial auch den in der Kohle enthaltenen chemischen Beimengungen standhält oder ob die Gefahr der allmählichen Zerstörung besteht. Schwefelverbindungen, wie sie oft in der Kohle enthalten sind, greifen das Eisen an und können in kurzer Zeit dessen Zerstörung herbeiführen, während der Eisenbeton davon unberührt bleibt. Auch Säuren, die in der Kohle enthalten sein können, setzt der Beton größeren Widerstand entgegen als jedes in Frage kommende andere Material und ist außerdem im Notfall leicht durch eine entsprechend zusammengesetzte Putzschicht gegen jeglichen Angriff zu schützen.

Eine große Gefahr für Kohlensilos besteht in der Selbstentzündung. Die Kohle hat mehr oder weniger das Bestreben, der Luft Sauerstoff zu entziehen. Dadurch erhöht sich ihre Temperatur, die bei fehlender Abkühlung bis zum Entzündungsgrad steigen und so einen Brand herbeiführen kann. Damit eine genügende Abkühlung der Kohle gewährleistet ist, darf sie höchstens in Schichten von 5–7 m gestapelt werden. Dadurch wäre die Silohöhe sehr beschränkt, eine rationelle Raumausnutzung also nicht möglich. Der Eisenbeton gibt nun die Mittel an die Hand, durch geeignete Anlage von Zwischenböden (s. Mörsch, 4. Auflage, S. 646) in den Füllraum Lufträume einzuschalten, durch die für genügende Abkühlung der Kohle gesorgt wird, oder durch schiefe Zellenstellung die Schichthöhe auf das gewünschte Maß herabzusetzen, ohne daß die Gesamthöhe der Silos beschränkt wird.

Bei Erzsilos sind ganz ähnliche schädliche chemische Einflüsse auf den Baustoff zu befürchten wie bei Kohlsilos, weshalb auch für sie ähnliche Erwägungen erforderlich werden,

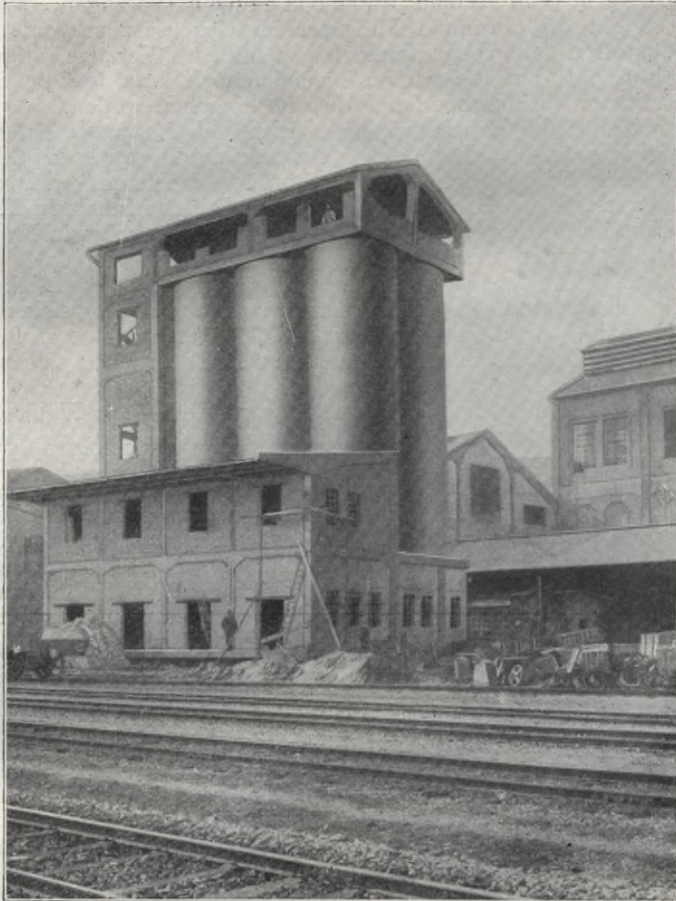


Abb. 8. Cementsilo der Firma A. Märker G.m.b.H., Harburg  
(Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

wie sie im vorhergehenden Abschnitt für die Kohle angestellt sind. Hinzu kommt noch, daß bei einer schweren, großkörnigen Füllmasse, wie es gewöhnlich Erze sind, die außerdem meist aus Kippwagen unmittelbar in die Füllräume gekippt wird

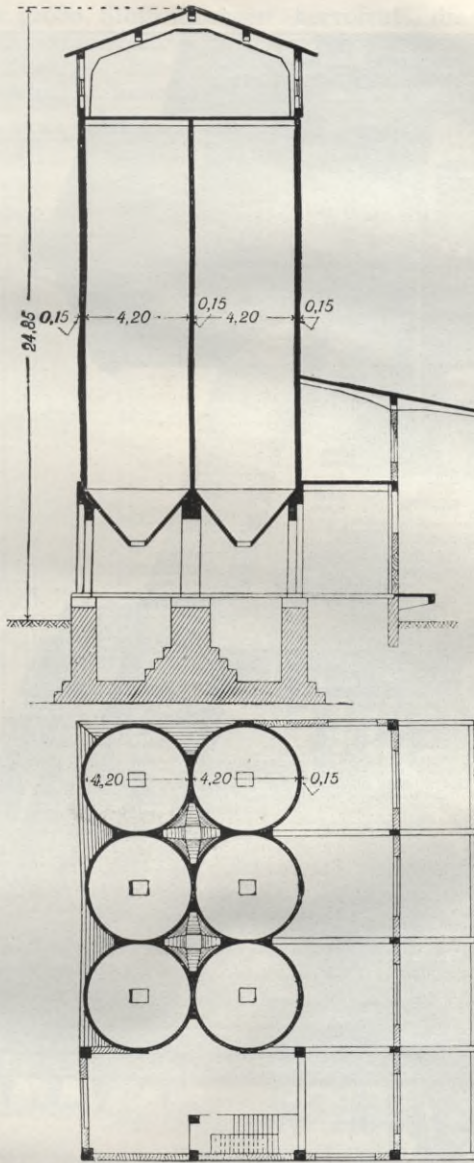
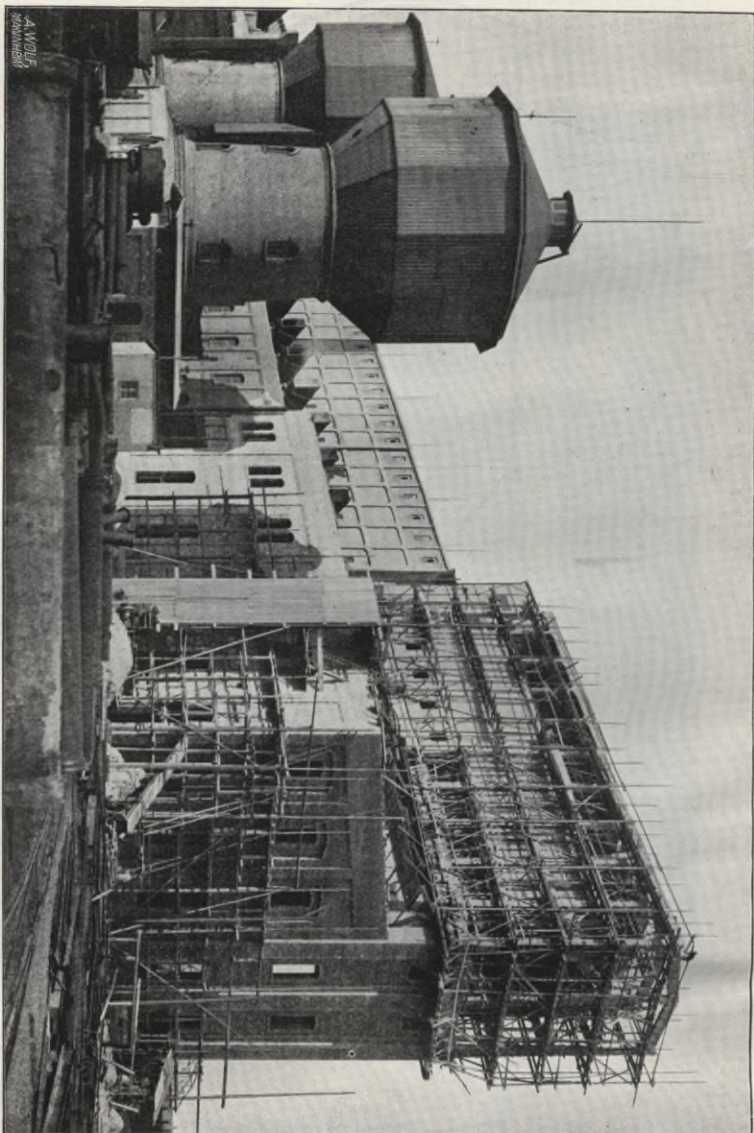


Abb. 9. Querschnitt und Grundriß des Cementsilos der Firma A. Märker G. m. b. H., Harburg. (Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

Methodé & ruzumovný inženýringový ústav v Praze, ul. Ústřední 40, 101 00, Praha 1, Č. S. F.



A. WOLFF  
MANNHEIM

Abb. 10. Holzschnitzelsilo für die Zellstoffabrik Waldhof-Mannheim. (Tesseraux & Stoffels G. m. b. H., Mannheim.)

und daher große Stoßwirkungen hervorruft, die Silowände und -trichter vor Beschädigungen geschützt werden müssen, was bei Eisenbetonkonstruktionen leicht durch eine Putzschicht geschehen kann. Diese Beispiele mögen genügen,

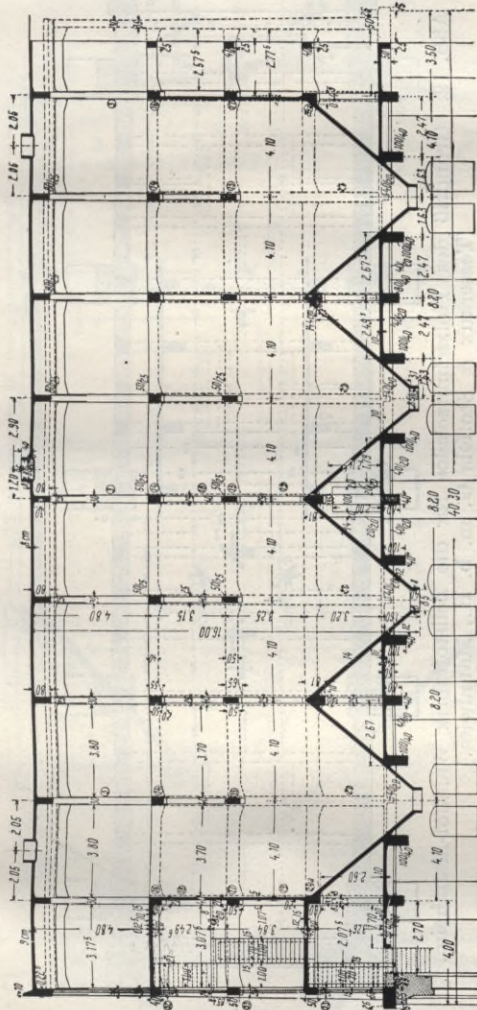


Abb. 11. Längsschnitt durch den Holzschnitzelsilo für die Zellstoffabrik Waldhof-Mannheim. (Tesseraux & Stoffels G. m. b. H., Mannheim.)

um die Überlegenheit zu beweisen, die der Eisenbeton allen anderen Baustoffen gegenüber besitzt. Der Umstand, daß wirklich die bei weitem überwiegende Mehrheit von neuesten

Silobauten in Eisenbeton ausgeführt ist, beweist die Richtigkeit der oben geführten Erörterungen.

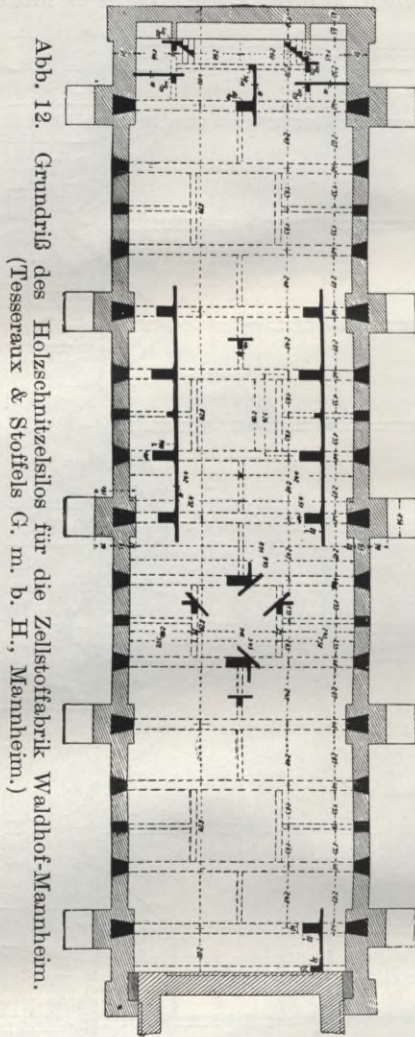


Abb. 12. Grundriß des Holzschnitzelsilos für die Zellstoffabrik Waldhof-Mannheim.  
(Lasserax & Stoffels G. m. b. H., Mannheim.)

Anordnung.

Was nun die allgemeine Anordnung von Silos betrifft, so unterscheidet man in der Hauptsache großräumige Silos, Zellsilos und die sogenannten Erz-

taschen. Hat die Anlage im Verhältnis zu ihrer Höhe große Grundrißabmessungen und besitzt sie nur einen oder wenige Räume, so hat man es mit einem großräumigen Silo zu tun. Sind die Grundrißabmessungen jedoch der Höhe gegenüber

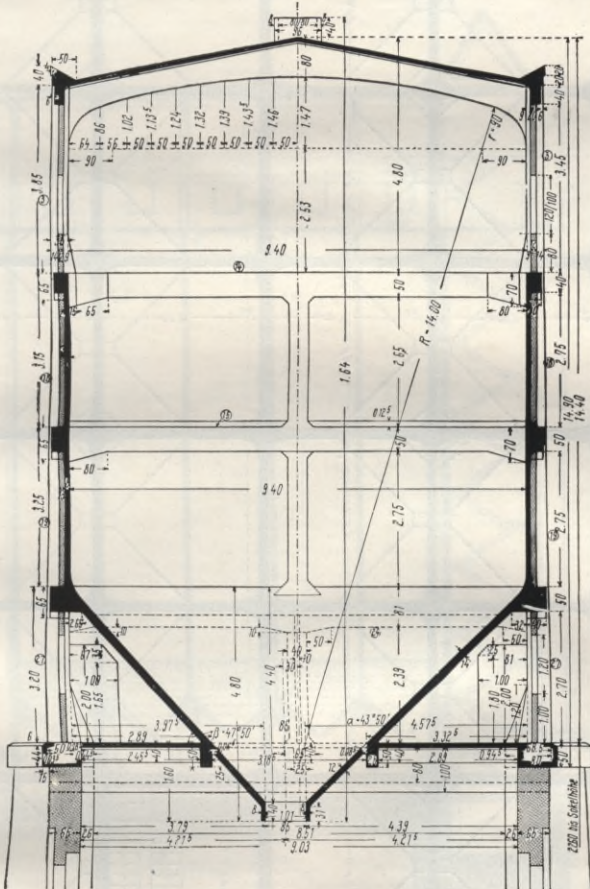


Abb. 13. Querschnitt durch Trichtermitte des Holzschnitzelsilos der Zellstoffabrik Waldhof-Mannheim.  
(Tesseraux & Stoffels G. m. b. H., Mannheim.)

nur gering und ist die Gesamtanlage in eine verhältnismäßig große Anzahl Einzelräume eingeteilt, so hat man einen Zellen-silo vor sich. Die Erztaschen sind meist offene oder leicht überdeckte, gewöhnlich in langer Reihe hintereinander

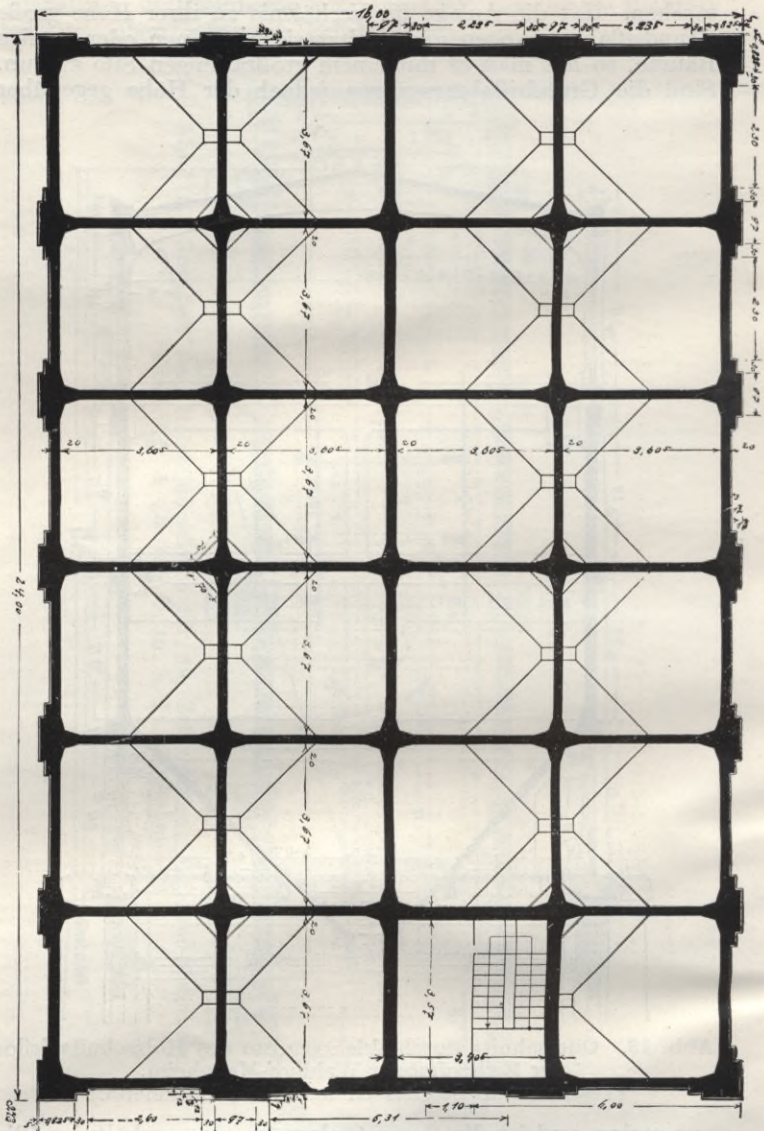


Abb. 14. Grundriß des Getreidesilos von Leysstetter u. Lietzmann in Cöln-Deutz.  
(W. Gärtner & Co., Cöln a. Rh.)



liegende Behälter, die in der Grundrißform an Zellsilos erinnern, sich jedoch von ihnen durch größere Grundrißabmessungen und verhältnismäßig geringe Höhe unterscheiden.

Die Wahl der Form richtet sich nach der Zweckbestimmung der Anlage. Soll der Silo die Möglichkeit bieten, das

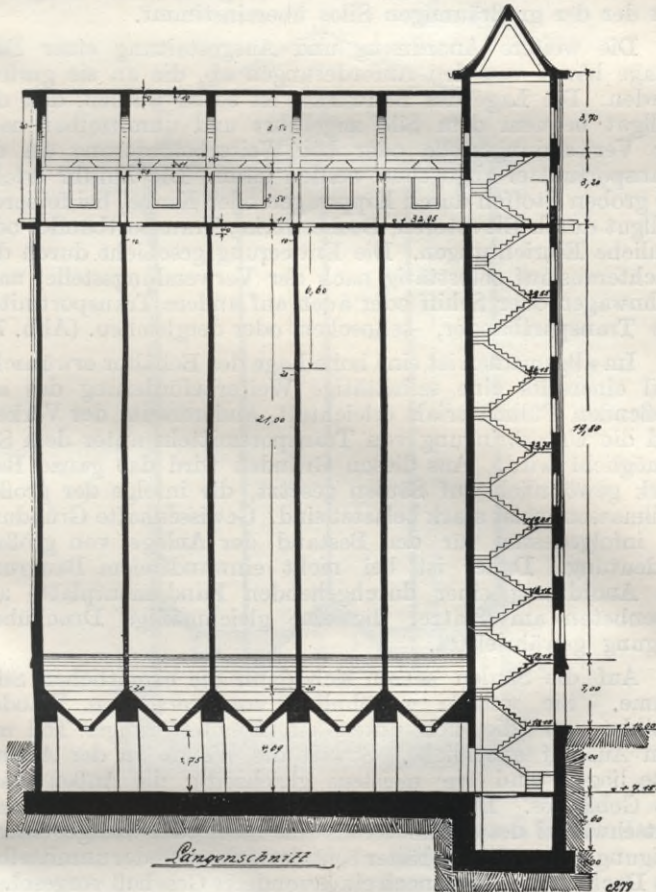


Abb. 15. Getreidesilo von Leysieffer u. Lietzmann in Cöln-Deutz.  
(W. Gärtner & Co., Cöln a. Rh.)

Füllmaterial nach Güte, Größe, Alter oder Art getrennt zu lagern, so wird man die Zellenform bevorzugen; andernfalls kommen großräumige Silos zur Anwendung. Für Erze und Steinschlag, bisweilen auch für Kohle, wenn eine Trennung

nach Güte und Größe erfolgen soll, also z. B. bei Bergwerken, hat sich am besten die Form der Erztaschen bewährt. Die Abmessungen der großräumigen Silos sind für Länge und Breite unbeschränkt, die Höhe geht bis zu etwa 25 m. Für die Zellen von Zellensilos schwankt die Grundrißabmessung zwischen 12 und 60 qm, während die größte Höhe ungefähr mit der der großräumigen Silos übereinstimmt.

Die weitere Anordnung und Ausgestaltung einer Siloanlage hängt von den Anforderungen ab, die an sie gestellt werden. Die Lage des Bauwerkes ist so zu wählen, daß das Füllgut bequem dem Silo zugeführt und unmittelbar nach der Verwendungsstelle oder bei Weiterbeförderung an die Transportmittel abgegeben werden kann. Die Zufuhr erfolgt bei groben Stoffen durch Kippwagen oder Krane, bei feinerem Füllgut durch Elevatoren, Becherwerke, Transportbänder oder ähnliche Einrichtungen. Die Entleerung geschieht durch den Trichterauslauf selbsttätig nach der Verwendungsstelle, nach Bahnwagen oder Schiff oder auch auf andere Transportmittel wie Transportbänder, -schnecken oder dergleichen. (Abb. 7.)

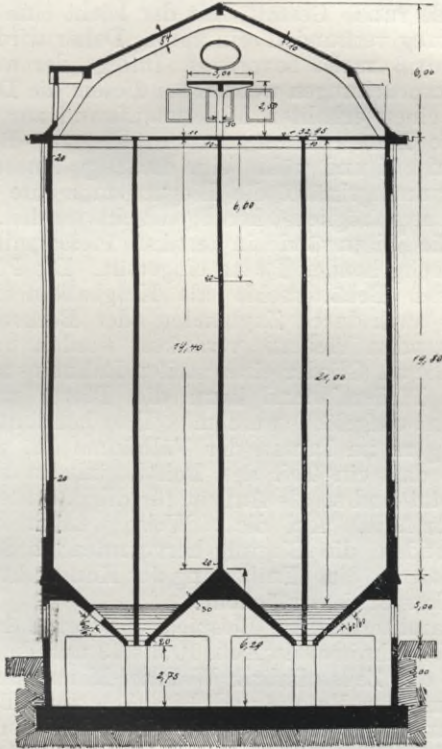
Im allgemeinen ist eine hohe Lage der Behälter erwünscht, weil einerseits eine selbsttätige Weiterbeförderung des abfließenden Füllmaterials erleichtert, andererseits der Verkehr und die Unterbringung von Transportmitteln unter dem Silo ermöglicht wird. Aus diesen Gründen wird das ganze Bauwerk gewöhnlich auf Säulen gesetzt, die infolge der großen Füllmassen meist stark belastet sind. Gewissenhafte Gründung ist infolgedessen für den Bestand der Anlage von größter Bedeutung. Daher ist bei nicht einwandfreiem Baugrund die Anordnung einer durchgehenden Fundamentplatte aus Eisenbeton am Platze, die eine gleichmäßige Druckübertragung gewährleistet.

Auf die Säulen setzen sich dann die eigentlichen Siloräume. Sie werden gewöhnlich von vertikalen Wänden gebildet, an die sich unten ein trichterförmiger Teil mit dem Auslauf anschließt. Soweit die Wände an der Außenseite liegen, sind sie meistens gleichzeitig die Außenwände des Gebäudes. Die Trichteroberflächen erhalten nach dem Rutschwinkel des Füllmaterials eine mehr oder weniger starke Neigung. Über dem Behälter befindet sich entweder unmittelbar das Dach, oder es wird noch ein besonderes Geschoß vorgesehen, in dem die für die Zuführung nötigen Fördermaschinen und andere für den Silobetrieb erforderliche Einrichtungen wie Reinigungsmaschinen, Wagen, Sortiermaschinen oder ähnliche untergebracht werden. Abbildung 19 zeigt als Beispiel das Dachgeschoß des von W. Gärtner & Co., Cöln a. Rh. erbauten Getreidesilos der Firma Leysieffer u. Lietzmann in Cöln-Deutz, in dem die Förderanlage und die Verteilungs-

rohre zu erkennen sind. Für eine bequeme Treppenanlage und reichliche Lichtzufuhr ist Sorge zu tragen.

Großräumige Silos kommen gewöhnlich für rohe Massengüter, besonders für Kohle, Holzschnitzel, Mineralien,

Konstruktion.  
Behälter.



Querschnitt

Abb. 16. Getreidesilo von Leysieffer u. Lietzmann in Cöln-Deutz.  
(W. Gärtner, & Co., Cöln a. Rh.)

bisweilen auch für Erze in Frage. Ihre Grundrißform ist fast immer rechteckig, obwohl sich auch besonders für kleinere Anlagen die vieleckige und runde Form vorfindet. Statisch ist die letzte am vorteilhaftesten. Denn es entstehen in den Wänden außer den vertikalen Druckbeanspruchungen nur die durch die Ringkräfte hervorgerufenen Zugspannungen, also

keine Biegungsbeanspruchungen. Es sind infolgedessen verhältnismäßig geringe Konstruktionshöhen erforderlich. Man kommt also bei runder Form mit leichten Wänden aus. Die Beanspruchung der Wände und damit auch die Wandstärke oder die Armierung nimmt vom oberen Behälterrande nach unten zu. Ungünstig sind die verhältnismäßig hohen Schalungskosten und die nicht immer in die sonstige Gebäudeanordnung hineinpassende runde Gestalt, mit der leicht eine ungünstige Platzausnutzung verbunden sein kann. Daher wird der rechteckige Grundriß meist bevorzugt. Infolge der auftretenden Biegungsbeanspruchungen werden bei diesem die Dimensionen größer, was einen erhöhten Materialaufwand zur Folge hat. Man löst die Konstruktion meist in Platten, Balken und Plattenbalken auf und wählt eine derartige Anordnung, daß durch Einspannungskräfte die Biegemomente und damit die Dimensionen möglichst herabgedrückt werden. Gewöhnlich werden die Seitenwände in vertikale Pfeiler mit horizontal armierter durchgehender Platte eingeteilt. Die Pfeiler selbst werden in der Behältersohle als Kragbalken eingespannt, können aber auch durch Zugbänder oder Balken mit den gegenüberliegenden Pfeilern verankert werden und sind in letzterem Falle als Glieder eines steifen Rahmens aufzufassen. Bei großem Pfeilerabstand kann die Platte wiederum in Plattenbalken aufgelöst werden. Ihre horizontalen Stege ordnet man gern im Innern der Füllräume an, wodurch erreicht wird, daß ein Teil des Behälterinhalts sich auf die Balken aufsetzt und so als Auflast für die darunter liegenden Schichten fortfällt. Auf diese Weise werden die auf die Wände wirkenden, die Biegung hervorrufenden Seitendrucke verringert, es tritt eine Entlastung der Konstruktion ein, die eine Materialersparnis ermöglicht.

Zwei charakteristische Beispiele für großräumige Silos bilden der Holzschnittzilsilo Abb. 10 bis 13 und der Kohlsilo Abb. 1 bis 3 der Zellstoffabrik Waldhof-Mannheim, die beide von der Firma für Beton- und Eisenbetonbau Tesseraux & Stoffels, Mannheim erbaut sind. Der 2400 cbm fassende Holzschnittzilsilo liegt über dem 22 m hohen Fabrikgebäude, so daß sein Füllgut ohne weiteres nach der Verbrauchsstelle entleert werden kann. Der Kohlsilo zeichnet sich durch seine großen freihängenden Trichter mit seitlichem Auslauf aus. Sein Inhalt beträgt 1030 cbm. Der Ablauf der Kohle erfolgt selbsttätig unmittelbar nach der Kesselfeuerung. Die Abmessungen der beiden Bauwerke sind aus den Abbildungen zu ersehen.

Der Boden der Behälter wird entsprechend der Säulen-anordnung in eine Anzahl Felder geteilt, die ihrerseits die trichterförmige Gestalt mit den Ausläufen erhalten. Die Trichter werden gewöhnlich mit ihrem oberen Rande an

zwischen die Säulen gespannten Balken aufgehängt und meist kreuzweise armiert. Auf eine sichere Verankerung der Eisen in den Vertikalwänden oder tragenden Balken ist Wert zu legen (s. Abb. 28). Bisweilen wird der Trichter am oberen und unteren Rande auf Unterzüge aufgelagert, so daß seine Flächen

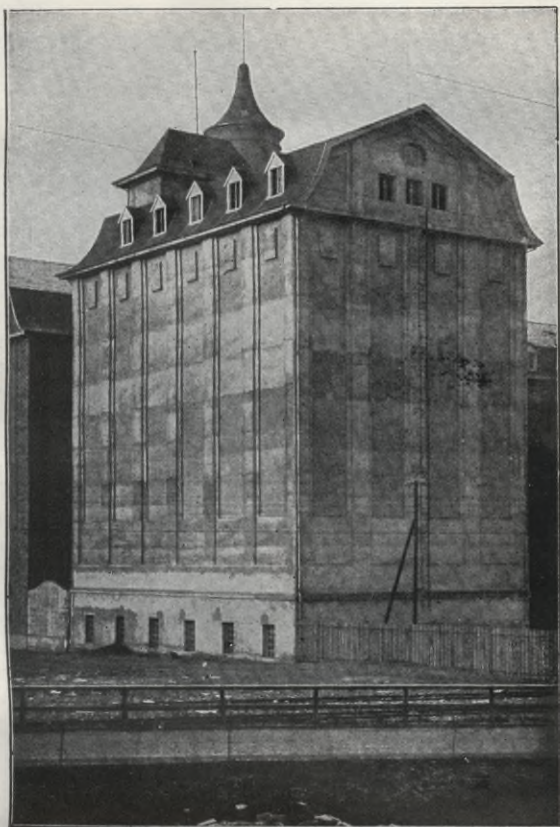


Abb. 17. Getreidesilo der Firma Leysieffer u. Lietzmann im Industriehafen zu Cöln-Deutz. (W. Gärtner & Co., Cöln a. Rh.)

als einfache Platten aufzufassen sind (Abb. 11). Man kann schließlich auch den Boden als ebene Plattenbalkendecke ausbilden, in der die Ausläufe ausgespart sind. Die schrägen, für eine völlige Leerung erforderlichen Rutschflächen stellt man durch entsprechende Auffüllung mit unbewehrtem Beton

her. Bei sechseckiger Grundrißform liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei der rechteckigen. Die geringe Seitenlänge hat jedoch geringe Biegemomente zur Folge, die Konstruktionen sind demnach mit weniger Materialaufwand auszuführen. In dieser Hinsicht nähert sich also das Vieleck dem

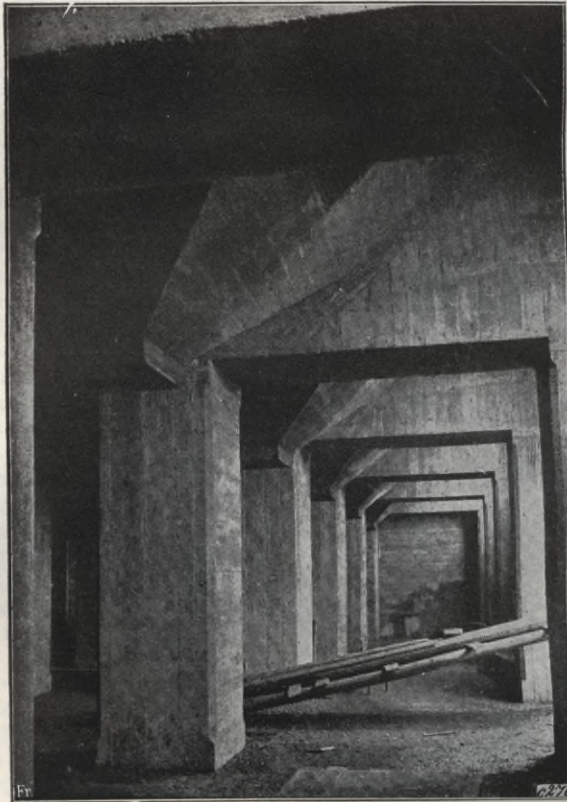


Abb. 18. Trichter des Getreidesilos von Leysieffer u. Lietzmann  
Cöln-Deutz. (W. Gärtner & Co., Cöln a. Rh.)

Kreis. Die Fehler des letzteren treten bei dem Vieleck nur in geringerem Maße auf, so daß der vieleckige Grundriß im allgemeinen als die vorteilhafteste Grundrißform zu bezeichnen ist.

Durch die weitgehende Aufteilung der Zellenilos wird eine möglichst große Teilbarkeit der Lagergüter bezweckt. Bei Getreide kommt es zumeist darauf an, jede Sorte nach Güte, Alter und bei öffentlichen Silos auch nach Eigentümer gesondert unterbringen zu können. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei Silos für Kohle, Cement, Schotter usw., solange eine getrennte Lagerung der verschiedenen Materialien verlangt wird. Die Gliederung der Anlage in vertikaler Richtung entspricht der bei großräumigen Anlagen. Nach Grundrißform sind hier ebenfalls kreisförmige, vieleckige und rechteckige Behälter zu unterscheiden. Die Kreisform bietet auch für Zellenilos statische Vorteile, hat aber ebenfalls den Nachteil der teuren Schalung. Eine Raumausnutzung ist in vollkommener Weise möglich, da man einerseits der Gesamtanordnung jeden gewünschten Grundriß geben und andererseits die zwischen je 4 Kreiszellen liegenden Zwickelzellen zur Lagerung voll ausnutzen kann. Es ist diese Anordnung wiederholt vorteilhaft angewendet worden.

Der in Abb. 20 und 21 in Ansicht und Grundriß wiedergegebene Getreidesilo von Castellammare bietet ein typisches Beispiel eines derartigen Zellenilos. Er wurde von der Firma Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H. erbaut.

Eine kleinere Siloanlage mit ebenfalls kreisförmigem Zellengrundriß zeigen die Abbildungen 8 und 9, die den Cementsilo der Firma A. Märker, G. m. b. H., Harburg, darstellen. Der vorgelagerte Eisenbetonschuppen dient als Packraum des dem Silo entnommenen zum Versand bestimmten Cementes.

Der vieleckige, gewöhnlich sechseckige Grundriß bildet gewissermaßen ein Mittelglied zwischen Kreis und Rechteck und vereinigt für Zellenilos ebenso wie für großräumige die Vorteile beider, keine übermäßig teure Schalung und wenig Materialverbrauch.

Die Grundrißaufteilung solcher Anlagen sei an den Abbildungen 22 und 23 gezeigt, von denen die letztere den Grundriß des in Abb. 24 wiedergegebenen Cementsilos in Itzehoe darstellt, ausgeführt von Ways & Freytag A.-G. in Neustadt a. d. H.

Für die konstruktive Ausbildung sind die gleichen Gesichtspunkte maßgebend, die bei der rechteckigen Zellenform zur Sprache kommen.

Die rechteckige Zellenform bietet den Vorteil der Übersichtlichkeit, der einfachen Grundrißaufteilung und der billigsten Schalung. Trotz ihrer Mängel auf statischem Gebiet hat diese Grundrißform häufige Anwendung gefunden. Die Konstruktion wird infolge der Beanspruchung der Wände auf Biegung bei großer Spannweite verhältnismäßig schwer. Die Hauptarmierung der Wände liegt horizontal und richtet

sich in ihrer Schwere nach den durch die Seitendrucke hervorgerufenen Biegemomenten (s. Abb. 25). Infolge des Zusammenhanges der einzelnen Wände sind hier die letzteren

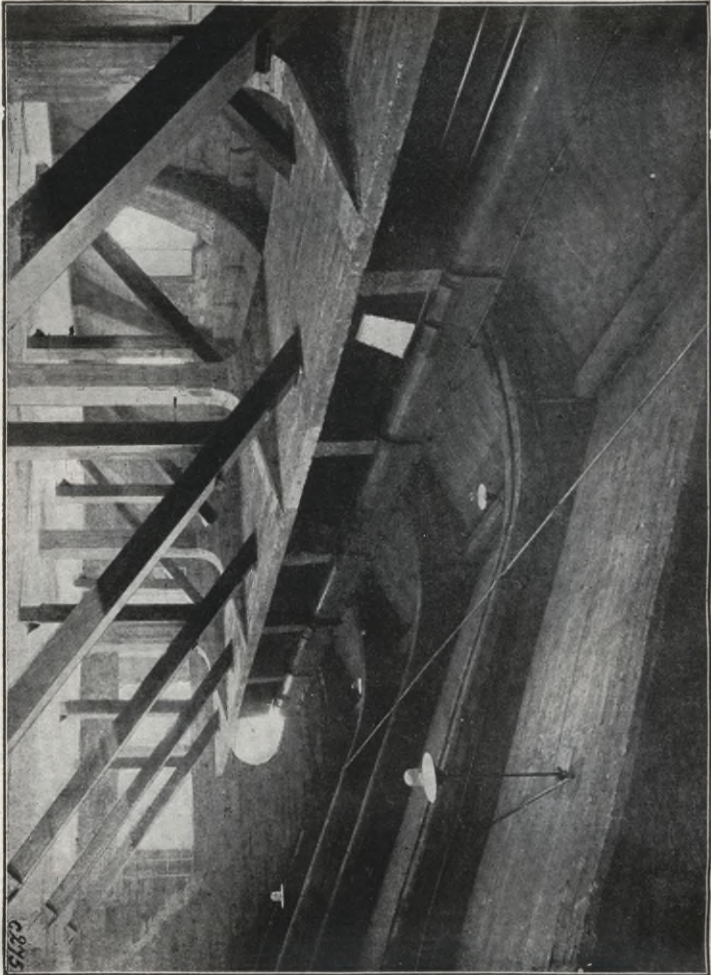


Abb. 19. Dachgeschoß des Getreidesilos von Leysieffer u. Lietzmann in Cöln-Deutz.  
(W. Gärtner & Co., Cöln a. Rh.)

als horizontale steife Rahmen oder eingespannte Platten zu berechnen. Bei nicht genauer Durchrechnung — als Balken auf 2 Stützen — ist eine entsprechende Verminderung der



positiven und negativen Momente zulässig. Eine starke Verringerung der Dimensionen ist die Folge.

Eine Reihe von praktischen Beispielen soll die Aufteilung, Einrichtung und architektonische Ausgestaltung solcher Bauten zeigen. Der Getreidesilo der Firma Leysieffer &

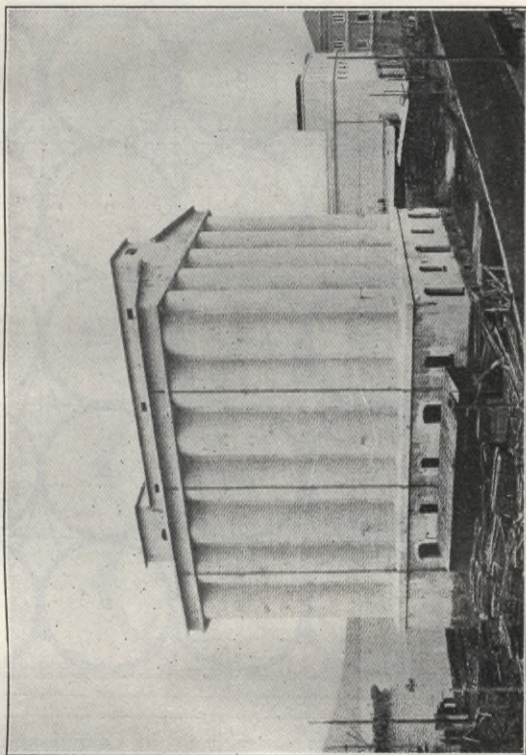


Abb. 20. Getreidesilo in Castellammare. (Wayss & Freytag A.-G.,  
Neustadt a. d. H.)

Lietzmann im Industriehafen zu Cöln-Deutz (ausgeführt von W. Gärtner & Co., Cöln a. Rh.) (Abb. 14 bis 19) zeichnet sich durch regelmäßige Grundrißaufteilung in lauter gleichgroße Zellen sowie durch die schiefe Trichterform aus. Die Gesamtansicht, der Blick in das Dachgeschoß mit seinen Fördereinrichtungen und in das Erdgeschoß mit den

charakteristischen Trichterausläufen mögen eine Vorstellung von der Formgebung und Ausgestaltung erleichtern.

Der von der Firma Wayss & Freytag A-G. erbaute Malzsilo der Brauerei Eisenberg in Erfurt (Abb. 26 u. 27) fällt durch die mannigfaltigen Zellenabmessungen auf. Es sind drei verschiedene Zellengrößen vorgesehen, so daß bei geringem Vorrat einer Malzsorte auch nur ein kleiner Lagerraum verwendet

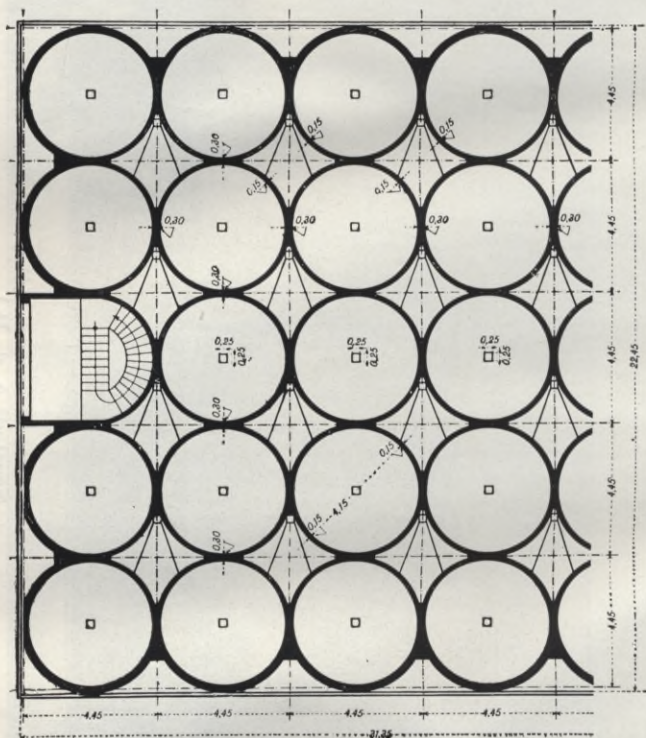


Abb. 21. Grundriß zum Getreidesilo in Castellammare.  
(Wayss & Freytag A.-G. Neustadt a. d. H.)

zu werden braucht. Auf das gefällige Äußere der Anlage sei besonders hingewiesen.

Als drittes Beispiel für rechteckigen Zellengrundriß werde der Getreidesilo für die Hafenmühle in Frankfurt a. M. herangezogen (Abb. 5 u. 6). Es war ursprünglich für alle Zellen ein vollkommen rechteckiger Grundriß vorgesehen. Während des Baues wurde jedoch eine Vergrößerung des Fassungs-

raumes erforderlich, die durch Ausbauchung der äußeren Wände erreicht wurde, ohne daß eine Vergrößerung des Gebäudegrundrisses nötig wurde.

Die konstruktive Ausbildung der Trichter erfolgt grundsätzlich in der gleichen Weise wie bei großräumigen Silos. Wir finden hängende (s. Abb. 15 und 16) und doppelt unterstützte Trichter, sowie ebene Bodenkonstruktionen mit nach-

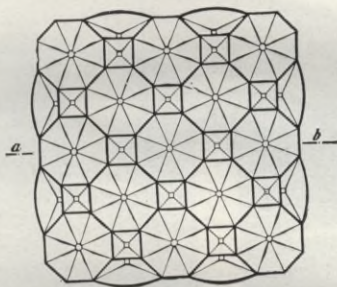


Abb. 22. Grundriß eines Silos mit achteckigen Zellen.

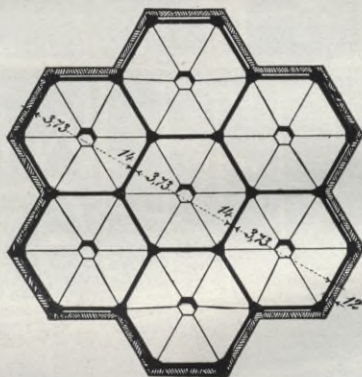


Abb. 23. Grundriß des Silos der Alsenischen Portland-Cementfabrik in Itzehoe.

(Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

träglich eingebauten Gleitflächen. Die Armierung einer hängenden Trichterkonstruktion zeigt Abb. 28.

Bei Zellensilos, die für die Aufbewahrung von Getreide bestimmt sind, findet man mitunter eine gleichzeitige Anordnung von Schüttböden und Rieselspeichern. Für Getreide mit großem Wassergehalt, der auf die zu frühe Bergung des Getreides vom Felde oder feuchte Lagerung zurück-

zuführen ist, besteht nämlich bei geringer Luftzufuhr die Gefahr der Fäulnis und des Dumpfigwerdens. Bei Lagerung in Silos würden solche Getreidesorten demnach eine häufige Umlagerung oder künstliche Lüftung

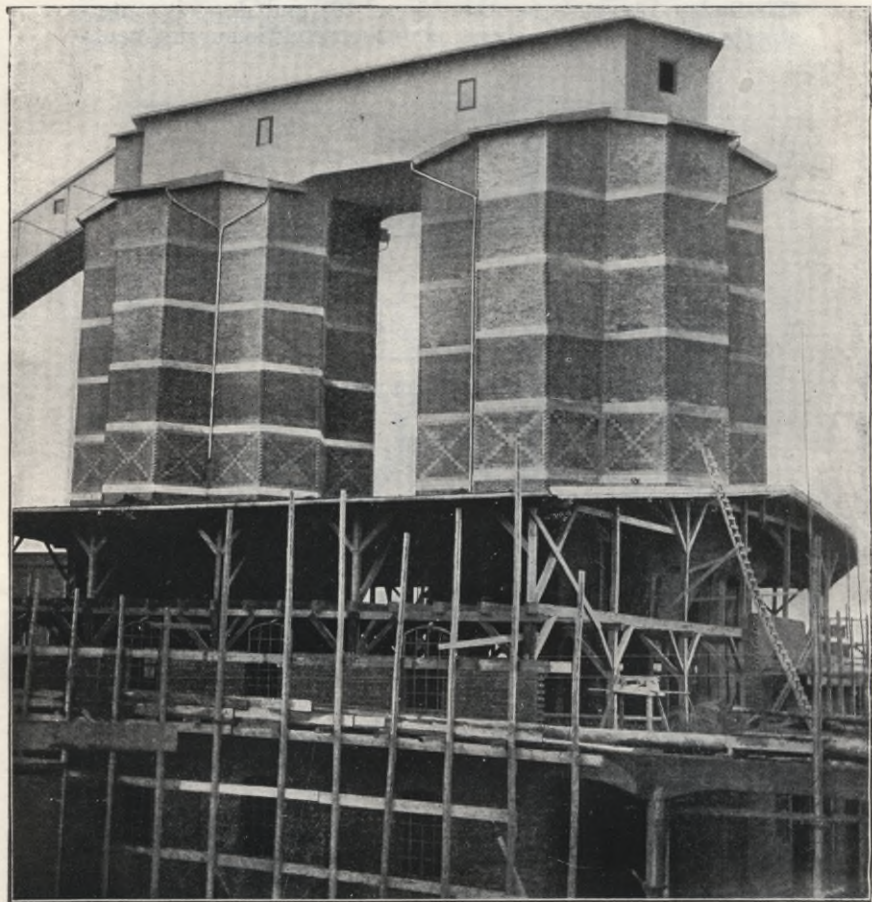


Abb. 24. Cementsilo der Alsenschen Portland-Cementfabrik in Itzehoe.  
(Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

(s. Abb. 5) erfordern. In Schüttböden lagert das Gut dagegen nur in verhältnismäßig niedrigen Schichten, bietet also der Luft bequemen Zutritt und bedarf infolgedessen weniger oft der künstlichen Lüftung. Um auch für dies

nicht einwandfreie Getreide eine bequeme Lagermöglichkeit zu haben, hat man zu der Kombination von Silo und Schüttboden gegriffen. Eine moderne Anordnung dieser Art ist in den Abbildungen 29 bis 33 beigelegt, die den von der Firma B. Liebold & Co. A.-G., Holzminden erbauten Getreidesilo der Gräfling von Bennigsenschen Mühle in Banteln wiedergeben.

Die Einrichtung der Erztaschen entspricht grundsätzlich den gewöhnlichen Silos. Die Zufuhr des Erzes geschieht im allgemeinen durch eine Transportbahn, die über die Behälter hinweggeführt wird und unmittelbar in die Taschen entlädt. Die Entleerung der Behälter erfolgt zumeist ebenfalls in Bahnen, durch die die Beförderung nach der weiteren Verwendungsstelle übernommen wird.

Die Erztaschenanlage von Düdelingen, die von Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H. gebaut ist, bildet ein charakteristisches Beispiel für Taschenbauten und ist deshalb in Schnitten und Ansichten durch Abbildungen 34 bis 36 wiedergegeben.

Abgesehen von dem Behälter gehören zu einer Siloanlage mannigfache Bauteile, die aus konstruktiven Gründen oder für eine zweckmäßige Ausgestaltung der Anlage erforderlich sind. Die reichen maschinellen Einrichtungen fallen nicht in das hier zu behandelnde Gebiet und mögen daher mit den gelegentlich gemachten Andeutungen erledigt sein. Erwähnt muß jedoch werden, daß auf diese maschinellen Einrichtungen schon beim Entwurf sorgfältig Rücksicht zu nehmen ist. Es ist zu empfehlen, die Anordnung der Maschinen recht zeitig genau festzulegen und etwaige Aussparungen und Verstärkungen gleich beim Betonieren herzustellen, da spätere Änderungen oder Verstärkungen oft große Schwierigkeiten und Kosten verursachen.

Soweit außer dem Behälter die Bauten einer Siloanlage aus Beton und Eisenbeton hergestellt werden können, kommen hauptsächlich folgende Teile in Betracht: der **U n t e r b a u**, der **i n n e r e A u s b a u** und die **Ü b e r d a c h u n g**.

Auf die Wichtigkeit einer soliden **G r ü n d u n g** des meist in schwer belastete Säulen aufgelösten Unterbaus ist bereits hingewiesen worden. Durch ungleichmäßiges Setzen infolge ungleichmäßiger Füllung des Silos kann bei mangelhafter Gründung eine ungewöhnliche Beanspruchung der Behälterkonstruktion eintreten, die Rissebildung oder gar Schlimmeres im Gefolge haben kann. Der Eisenbetonbau gibt nun Mittel an die Hand, durch die sich auch für die schwierigsten Bodenverhältnisse und für die ungünstigsten Belastungen eine einwandfreie Gründung finden läßt. Sein Anpassungsvermögen und seine Dauerhaftigkeit wird stets seine Anwendung, unter günstigen Verhältnissen bisweilen auch die Verwendung von unbewehrtem Beton, ermöglichen; ebenso werden sich mit seiner Hilfe Schwierigkeiten, die un-

Unterbau.

erwartete Bodenverhältnisse mit sich bringen, leichter bewältigen lassen als mit irgendeinem anderen Material. Wegen der Möglichkeit, einen einheitlichen Baustoff für die gesamte Anlage durchzuhalten, wird in einer Eisenbetongründung auch meist ein wirtschaftlicher Vorteil liegen, auf dessen Gründe ja bereits weiter oben eingegangen wurde. Über Erdober-

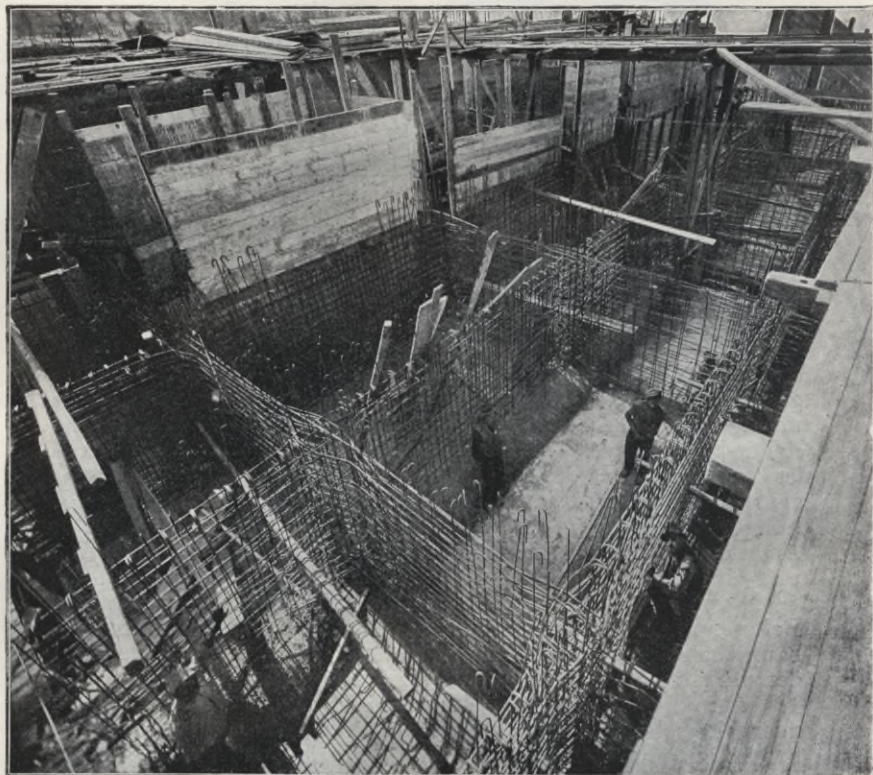


Abb. 25. Getreidesilo in Genua. Eiseneinlagen der Wände.  
(Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

fläche ist Eisenbeton dem unbewehrten Beton meist vorzuziehen, da durch seine geringeren Querschnittsabmessungen in dem unter dem Behälter liegenden Raum bequemer Verkehr und bessere Lichtzufuhr ermöglicht wird.

Innerer  
Ausbau.

Zu dem inneren Ausbau eines Silos gehören hauptsächlich die Treppenanlagen, die den über dem Behälter liegenden Raum zugänglich machen, und die Um-



fassung dieses Raumes selbst. Die Treppenanlage eines Silos muß in bezug auf Verkehrssicherheit und Bequemlichkeit den Anforderungen, die an gleiche Anlagen ähnlicher großer Bauten gestellt werden, entsprechen. Sie müssen große Tragfähigkeit besitzen und den Transport von Maschinenteilen oder anderen im Dachgeschoß zur Verwendung kommenden Gegenständen ermöglichen. Bei Zellsilos bildet man häufig eine der Zellen als Treppenhaus aus. Andernfalls bringt man die Anlage, wie das bei großräumigen Silos die Regel ist, in einem besonderen Anbau unter. Da die Anforderungen, denen derartige Treppen genügen müssen, und ihre zweckmäßige Ausbildung aus dem allgemeinen Hochbau bekannt sind, erübrigt es sich, an dieser Stelle ihre Einrichtung und die Vorteile des Eisenbetons für diese Anlagen ausführlich zu behandeln. Wird über dem Behälter aus Gründen, die oben erwähnt sind, ein besonderes Geschoß vorgesehen, so wird sich für dessen Fußboden und Umwandung mit Vorteil Eisenbeton verwenden lassen. Die Vorzüge, die diesem Baustoff für den Ausbau des Dachgeschosses gegenüber anderen Materialien zugesprochen werden müssen, sind gleich denen, die ihm bei Fabrikbauten zur allgemeinen Einführung verholfen haben, besonders seine große Tragfähigkeit, sein Anpassungsvermögen an jede gewünschte Bauform und geringe Veränderlichkeit gegenüber äußeren Einflüssen jeder Art. Genauer soll auf diese Vorzüge im Rahmen dieser Abhandlung nicht eingegangen werden, da sie ja bekannt sein dürften und durch die reiche Anwendung des Eisenbetons bei Fabrikanlagen bewiesen werden.

Dach. Für die Wahl der Dachkonstruktion sind ihre Zweckbestimmung und Größenverhältnisse maßgebend. Für rohe Massengüter wird man sich mit einer leichten Bedachung, etwa einem offenen Eisenbetondach, wie es öfters bei Erztaschen vorkommt, begnügen, während man bei empfindlichen Lagergütern, oder wenn das Dach empfindliche Maschinen zu schützen hat, eine geschlossene Dachkonstruktion bevorzugt. Bei großen Abmessungen muß man zu Eisen- oder besser Eisenbetonkonstruktionen greifen; bei geringen Spannweiten kann man sich mit Holzbauten helfen. Im allgemeinen wird man wegen der Feuersgefahr mit der Verwendung von Holz vorsichtig sein müssen.

Eisenkonstruktionen sind öfters zur Ausführung gekommen. Neuerdings ist jedoch diese Kombination von Eisen und Eisenbeton nicht mehr üblich, an sich auch widersinnig. Denn abgesehen von den im allgemeinen Teil dieser Abhandlung zur Sprache gebrachten Nachteilen der Eisenbauten, wie teure Unterhaltung und geringe Widerstandsfähigkeit gegen Feuer, bringt die gleichzeitige Verwendung von Beton und Eisenbeton, zwei vollkommen verschiedenen Bauarten, aus



Gründen, die bereits weiter oben erklärt sind, den Nachteil großer Herstellungskosten mit sich. Aber auch in konstruktiver Hinsicht ist die einheitliche Bauweise vorzuziehen, da bei ihr die Dachkonstruktion sicherer zur Aussteifung der

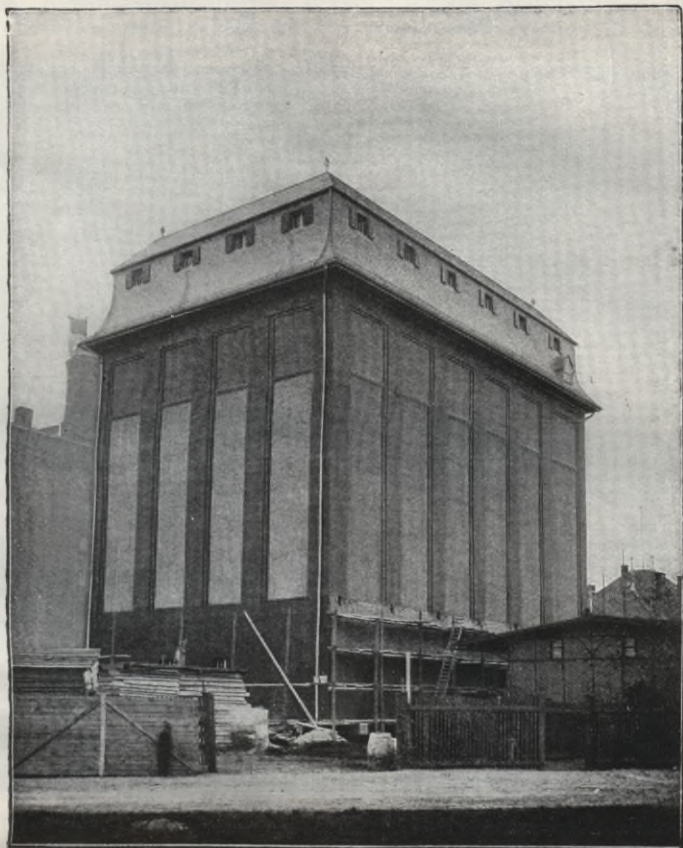


Abb. 27. Malzsilo der Brauerei Eisenberg in Erfurt.  
(Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

Silowände herangezogen werden kann als bei einem Aufbau in Eisen. Durch eine kräftige Aussteifung wird aber eine Verringerung der Biegemomente erreicht, die wiederum eine Materialersparnis, also auch eine Verbilligung zur Folge hat. Zu berücksichtigen ist noch, daß durch die einheitliche

Betonbauweise größere ästhetische Wirkungen erzielt werden können als durch die kombinierte Ausführung.

**Berechnung.**

Was die Berechnung der Behälter anlangt, so können hier nur kurz die maßgeblichen Gesichtspunkte und der allgemeine Rechnungsgang angegeben werden. Ausführliche An-

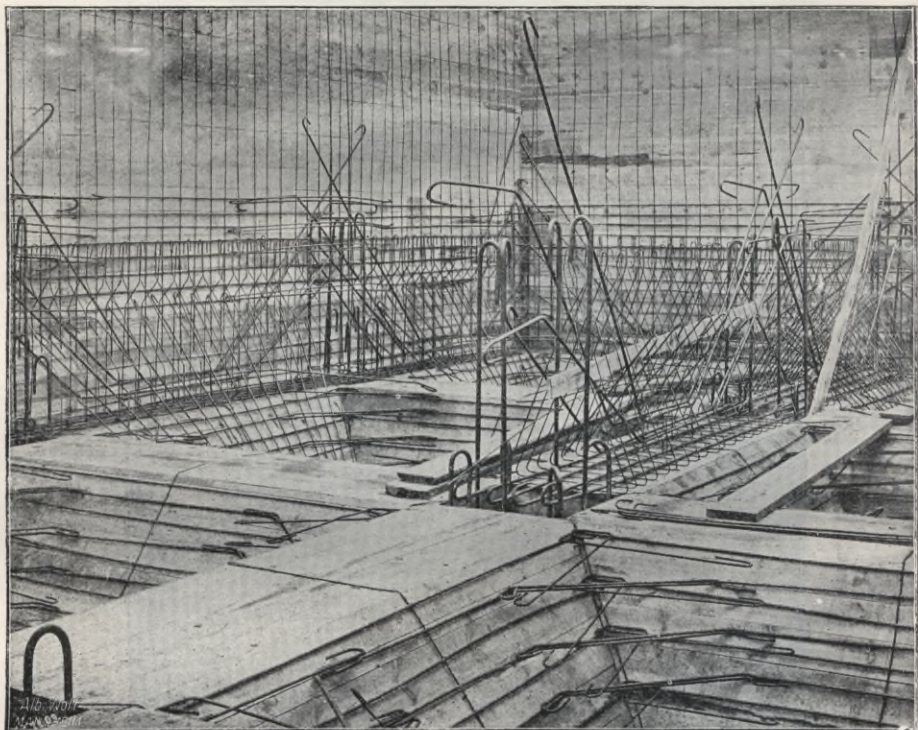


Abb. 28. Cementsilo für die Gewerkschaft „Jacobus“ in Hagendingen. Armierung der Zellen. (Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

gaben sind in dem „Handbuch für den Eisenbetonbau“, Ausgabe 1913, 2. Auflage, Band 12, und in dem von Prof. Dr. Ing. E. Mörsch herausgegebenen Werk „Der Eisenbetonbau, seine Theorie und Anwendung“, IV. Auflage, S. 598 u. folg. enthalten.

Die Behälterwände werden durch eine größere Anzahl äußerer Kräfte belastet. Es sind diese das vertikal wirkende Eigengewicht, zu dem meist noch die Belastung durch Dach und Dachgeschoß hinzukommt, zweitens die bei kreisförmigem Grundriß Ringspannungen, bei recht oder vieleckigem Grundriß Biegungsspannungen hervorrufenden Seitendrucke des Füllstoffes und drittens die bei polygonalem Grundriß durch die Auflagerreaktionen in den Nachbarwänden entstehenden Zugkräfte.

Behälterwände.

Die Vertikallasten aus Eigengewicht und Auflast rufen in den Wänden normale Druckspannungen hervor, deren Berechnung in gewöhnlicher Weise nach den Gesetzen der Statik erfolgt, nach denen die in dem Baustoff auftretende Spannung gleich dem Quotient aus der Kraft und der Querschnittfläche ist.

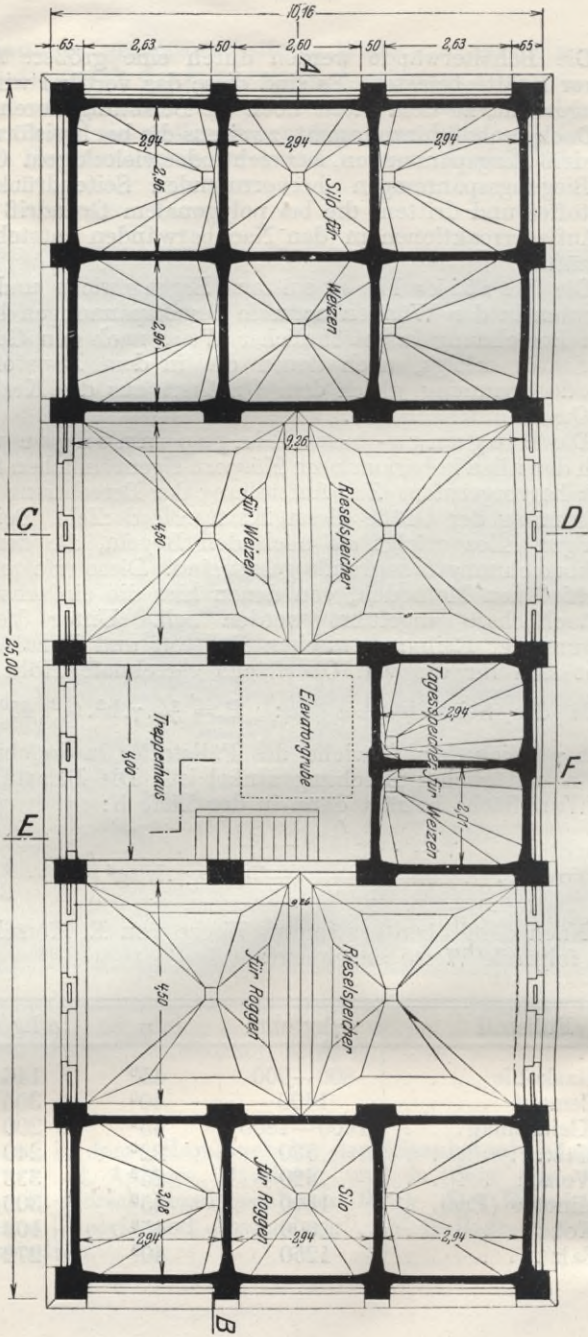
Die Biegungs- bzw. Ringspannungen werden durch den allen kohäsionslosen Körpern eigentümlichen Seitendruck hervorgerufen. Zur Aufstellung der Berechnung ist die Bestimmung der Größe dieser Kraft erforderlich. Bei großräumigen Silos erfolgt sie nach den Regeln, die den Erddruckberechnungen zugrunde gelegt sind. Diese erfolgen nach verschiedenen Methoden, von denen hier die einfachste und gebräuchlichste angeführt werden soll. Unter Vernachlässigung der Reibung zwischen Füllstoff und Behälterwand ergibt sich für die von Oberfläche gerechnete Höhe  $h$  die Größe des Seitendruckes zu:  $P = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot h^2 \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$ , worin  $\gamma$  gleich dem Gewicht des Füllstoffes in kg/cbm und  $\varphi$  sein natürlicher Böschungswinkel ist. Die Belastung pro qm Wandfläche beträgt dann in der Tiefe  $h$ :

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

Nach dem oben erwähnten Werke von E. Mörsch kann man folgende Werte annehmen:

Füllstoff	$\gamma$ kg/cbm	$\varphi$	$p$ kg/qm
Gaskohle . . . .	800—900	45°	146 h
Cement . . . .	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. 29. Silospeicher in Banteln. Grundriß. (B. Liebold & Co. A.-G., Holzminden.)



Die oben angeführten Formeln haben nur für die Höhen Gültigkeit, für die die sogenannte Gleitfläche des Füllstoffes seine Oberfläche schneidet. Dies wird bei Zellenilos gewöhnlich nur in den oberen Schichten der Fall sein. Denn wegen der geringen Grundrißabmessungen im Verhältnis zu der großen Höhe wird sie für tiefere Schichten die gegenüberliegende Behälterwand treffen. Außerdem wird bei der geringen Behälterweite die Reibung an den Wänden sehr groß werden, so daß der Behälterinhalt sich zum Teil gewissermaßen an den Wänden aufhängen wird. Dadurch werden die tieferen Schichten nicht mit dem ganzen Gewicht der darüberliegenden belastet und deshalb einen verhältnismäßig geringen Seitendruck ausüben, der schließlich, wenn in größerer Tiefe die Reibung an den Wandflächen genügend groß wird, annähernd konstant bleibt. Theoretisch wachsen die Seitendrücke, graphisch dargestellt, in der Form einer Parabel, die in der Nähe der Oberfläche des Füllstoffes stark gekrümmt ist, dann sich aber bald dem Maximalwert:

$$p_{\max} = \frac{\gamma}{\operatorname{tg} \varphi_1} \frac{U}{F}$$

nähert. In dieser Formel bezeichnet U den inneren Umfang, F die Grundfläche des Behälters, während mit  $\operatorname{tg} \varphi_1$  der Reibungskoeffizient zwischen Füllstoff und Zellenwand ausgedrückt ist. Die Berücksichtigung der parabelförmigen Seitendruckzunahme ist für die Praxis höchst umständlich. Man begnügt sich daher mit Näherungswerten, die man dadurch erhält, daß man für die obersten Schichten die Seitendrücke nach den Formeln für großräumige Silos berechnet. Da bei diesen Formeln die allerdings erst geringe Wandreibung vernachlässigt ist, erhält man größere Werte, als die genaue Berechnung ergeben würde. Sie schließen also eine gewisse Sicherheit in sich. Von der Schicht an, in der sie den Maximalwert, der für Zellenilos in Frage kommt, erreichen, wird dann bis zur Sohle die Wandbelastung durch die Seitendrücke als konstante Größe von dem oben angeführten Maximalwert:

$$p_{\max} = \frac{\gamma}{\operatorname{tg} \varphi_1} \frac{U}{F} \text{ in Anrechnung gebracht. Die Wand-}$$

belastung wächst also von dem Wert 0 an der Oberfläche geradlinig bis zu dem Maximalwert und bleibt dann bis zur Sohle konstant. Es ist noch zu berücksichtigen, daß beim Entleeren einer Silozelle nach praktischen Erfahrungen die Seitendrücke größer werden als in ruhendem Zustande. Bei zentrisch gelegenem Auslauf ist dieser Drucksteigerung durch die oben erwähnte Sicherheit der Berechnung genügend Rech-

nung getragen, da die Belastungssteigerung nur wenige Prozent beträgt. Bei seitlich liegendem Auslauf kann die Erhöhung der Belastung größere Werte annehmen, die man

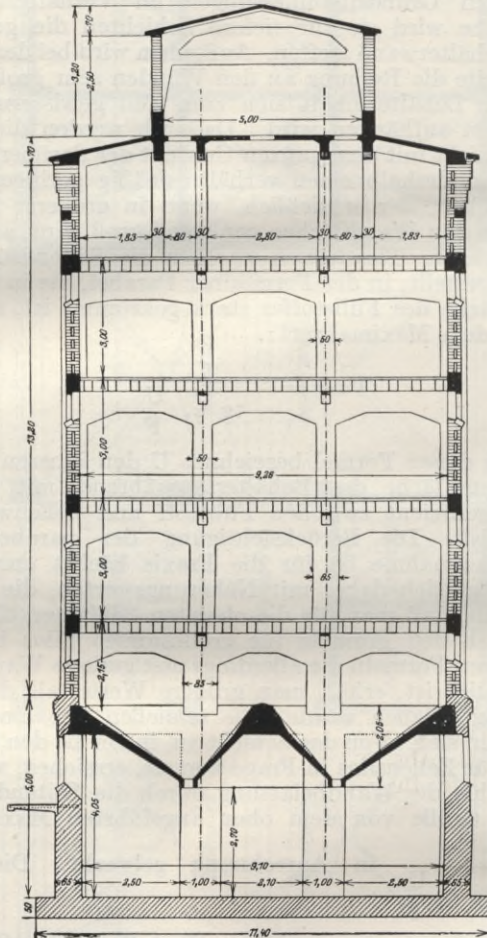


Abb. 30. Silospeicher in Banteln. Schnitt durch den Rieselspeicher. (B. Liebold & Co. A.-G., Holzminden.)

durch Zuschläge zu der errechneten Belastung (bis etwa 25%) berücksichtigen muß. Aus diesen Belastungen sind dann für die verschiedenen Höhenschichten die Ringzugkräfte oder

die Biegemomente zu errechnen, die die Grundlagen für die Dimensionierung der Wände bilden. Durch die Beziehung  $Z = p \cdot r$  ist die Ringzugkraft  $Z$  gegeben, nach deren Größe die zu verlegenden Eisen bemessen werden ( $r$  ist gleich dem inneren Radius der Ringzelle).

Bei regelmäßigem vieleckigen und quadratischem Zellen-Grundriß sind die Wände als vollständig eingespannt anzusehen, so daß man für das größte Feldmoment den Wert:  $\frac{p l^2}{24}$  und für das größte Eckmoment den Wert:  $\frac{p l^2}{12}$  erhält.

Bei rechteckigem Grundriß liegen die Verhältnisse schwieriger, da infolge der verschiedenen Seitenlängen bei Belastung eine Verdrehung der Eckpunkte erfolgt. Es sind dann die einzelnen Zellen als Rahmen zu betrachten, für die

das Eckmoment mit:  $M = -\frac{1}{12} \cdot p \cdot \frac{l^3 + b^3}{1 + b}$ , das Feldmoment der größeren Seite  $l$  mit:  $M_l = \frac{p l^2}{8} - \frac{1}{12} p \frac{l^3 + b^3}{1 + b}$  und das Feldmoment der kleineren Seite  $b$  mit:  $M_b = \frac{p b^2}{8} - \frac{1}{12} p \frac{l^3 + b^3}{1 + b}$

in Anrechnung zu bringen ist. Vorausgesetzt ist bei diesen Formeln, daß beide Wände gleich stark sind und die Versteifung durch die Wandanschlüsse der Nachbarräume vernachlässigt wird. Es sei noch darauf hingewiesen, daß sämtliche Innenwände mit Rücksicht auf ungleichmäßige Füllung der Nachbarzellen gegen beiderseitige Durchbiegung, also auf beiden Seiten bewehrt werden müssen. §

Bei Grundrissen mit geknickter Umgrenzungslinie treten infolge der Belastung an den Enden der geraden Strecken Auflagerreaktionen auf, die in den benachbarten Grundrißseiten Zugkräfte zur Folge haben. Die Größe dieser Kräfte muß bestimmt und bei der Dimensionierung berücksichtigt werden. Die Abmessungen und Beanspruchungen werden nach den Formeln für die Berechnung von Trägern, die gleichzeitig auf Biegung und zentralen Zug beansprucht werden, festgestellt. Für kleinere Konstruktionen dürfte es genügen, die Wände auf Biegung zu berechnen, danach zu dimensionieren und zur Aufnahme der reinen Zugspannungen über den ganzen Querschnitt verteilte besondere Eisen anzuordnen.

Für die Berechnung der Siloböden und -trichter ist die Größe der Belastung festzustellen. Diese ist bei großräumigen Silos gleich dem Gewicht der über dem Boden ruhenden Säule des Füllmaterials zu rechnen. Bei Zellensilos kann die Berechnung in gleicher Weise erfolgen. Es wird jedoch in Wirklichkeit infolge der Reibung an den Seitenwänden eine Entlastung des Bodens eintreten. Der Bodendruck wird sich in

Böden und  
Trichter.

ähnlicher Weise wie der Seitendruck in größerer Tiefe einem Maximalwert nähern, der nach Mörsch die Größe:  $q_{\max} =$

$$\frac{\gamma}{\text{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)} \text{tg} \varphi_1 \frac{U}{F}$$

annimmt und besonders bei engen,

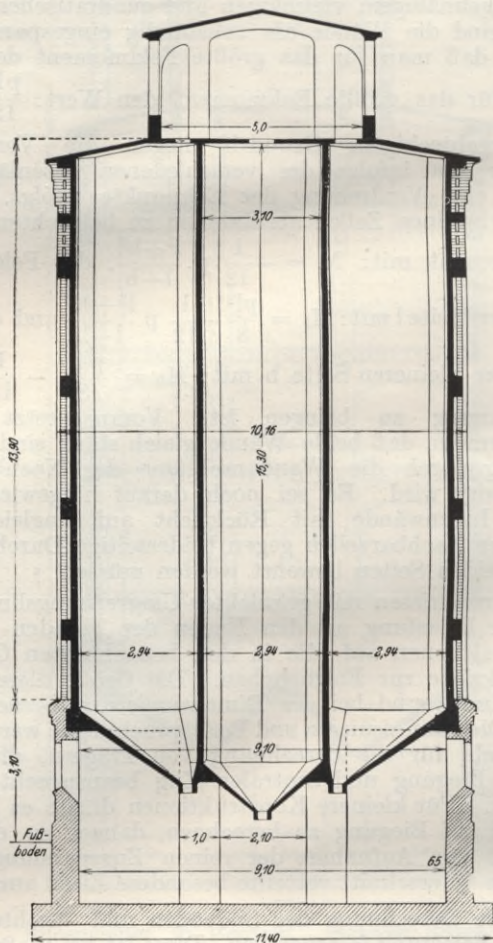


Abb. 31. Silospeicher in Banteln. Schnitt durch die Silozellen.  
(B. Liebold & Co. A.-G., Holzminden.)

hohen Zellen zu einem günstigeren Resultat führt als die Berechnungsweise entsprechend den großräumigen Silos. Für



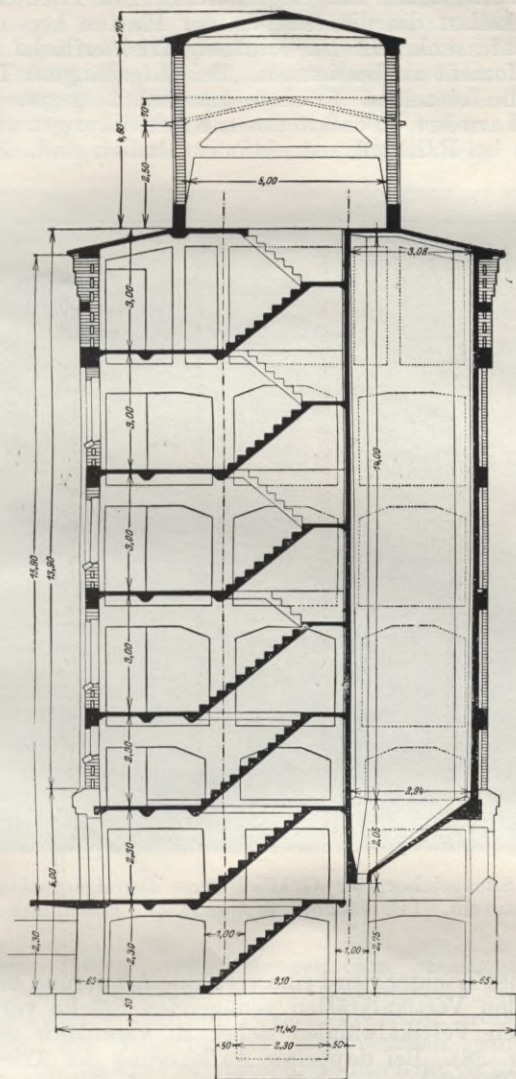


Abb. 32. Silospeicher in Banteln. Schnitt durch das Treppenhaus. (B. Liebold & Co. A.-G., Holzminden.)

ebene Böden können dann sofort die Momente aufgestellt und die Dimensionen festgelegt werden. Für Trichter ist aus der Vertikallast die die Biegung der Platten hervorrufende Komponente senkrecht zur schrägen Trichterfläche und aus ihr das Moment zu bestimmen. Bei aufgehängten Trichtern werden die einzelnen Flächen gewöhnlich gegen Biegung horizontal armiert, so daß in ihnen Kraftwirkungen auftreten, die denen bei Rahmenkonstruktionen ähnlich sind. Zur Auf-

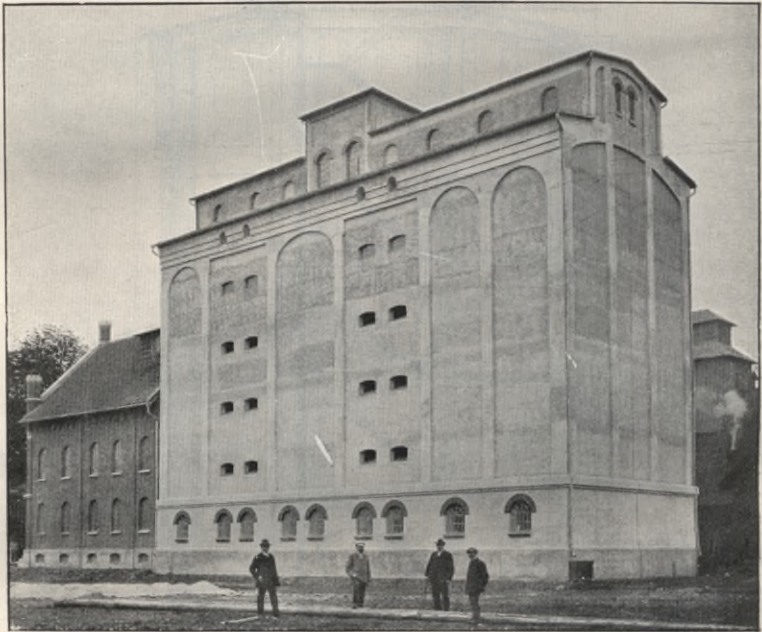


Abb. 33. Silospeicher der Gräflich von Bennigsenschen Mühle in Banteln. (B. Liebold & Co. A.-G., Holzminden.)

hängung des Trichters wird eine vertikale Armierung nötig, die in einer den Vertikalkräften genügenden Stärke vorzusehen und in den Vertikalwänden sicher zu verankern ist (siehe Abb. 25 u. 28). Bei doppelter Auflagerung der Trichter erfolgt die Berechnung und Bewehrung auf einfache Biegung entsprechend dem Balken auf zwei Stützen.

Vorteile der  
Silos.

Nachdem in den vorstehenden Abschnitten über eine möglichst vorteilhafte Bauweise für Silos Untersuchungen

angestellt sind und wir gefunden haben, daß der Eisenbeton infolge seiner vielseitigen Vorteile allen anderen Baustoffen überlegen ist, sei noch mit kurzen Worten auf die Vorzüge der Siloanlagen selbst hingewiesen. In wirtschaftlicher Hinsicht bietet ihre Einrichtung gegenüber jeder anderen Lagerungsart für Massengüter ganz bedeutende Vorteile. Durch die Eigenschaft, das Lagergut in hohen Schichten aufzunehmen, gewährt ein Silo die Möglichkeit, auf be-

Wirtschaft-  
lichkeit.

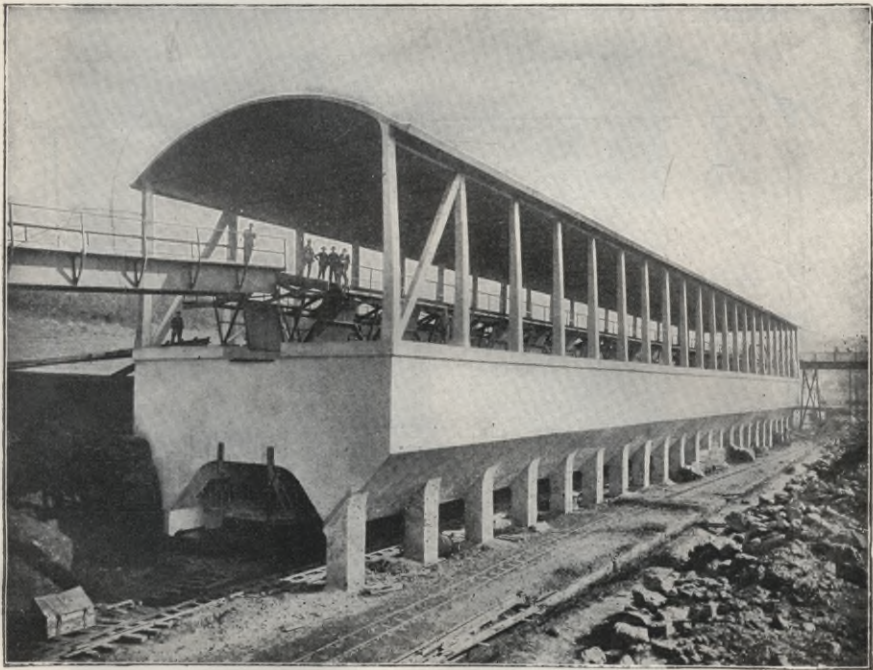


Abb. 34. Erztaschenanlage in Düdelingen. (Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

schränktem Raum große Mengen von Massengütern zu lagern. Bei den heutigen teuren Bodenpreisen bringt diese Möglichkeit großen Nutzen, da sie es gestattet, große Flächen die früher von Lagerplätzen eingenommen wurden, für andere Zwecke nutzbar zu machen, wodurch die Ausdehnungsmöglichkeit von Industrieanlagen in ganz bedeutendem Maße gesteigert wird. Durch die Lagerung der Güter in Silos entsteht der Vorteil, daß eine bequemere und daher billigere Beförderung möglich geworden ist. Infolge des selbsttätigen

Ablaufs des Materials erspart man einen großen Teil der Förderarbeit, die bei anderer Lagerart, z. B. bei Lagerplätzen und Schüttböden zu leisten nötig wäre. Der größere Bedarf an Fördermaschinen und ihre Abnutzung spricht ebenfalls gegen die früheren Lagerarten. Die Einrichtungen für die Entleerung der Siloräume sind meist so getroffen, daß in kurzer Zeit große Massen gefördert werden können, wodurch Arbeitszeit und Lohn gespart wird und Konsumschwankungen leicht bewältigt werden können.

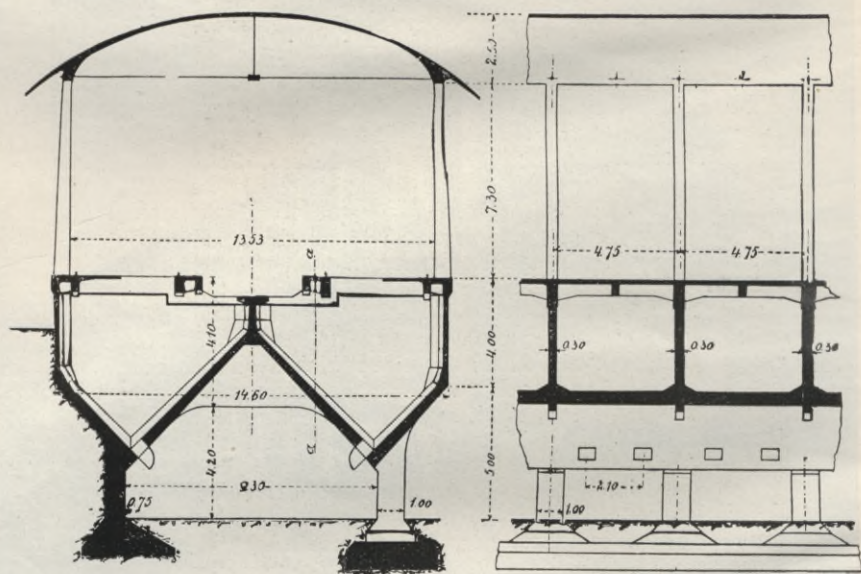


Abb. 35. Quer- und Längsschnitt der Erztaschenanlage in Düdelingen.  
(Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

Allgemein gültige Angaben über Anlagekosten von Silos zu machen, ist nicht möglich, da sie von mannigfachen Umständen abhängig, infolgedessen großen Schwankungen unterworfen sind; Untergrundverhältnisse, Bodenpreise, Preise der Rohbaustoffe, Art des Füllgutes, Größe der Anlage, Arbeitslöhne und viele andere Umstände beeinflussen die Baukosten in hohem Grade. Um jedoch einen Einblick in diese Verhältnisse zu gewähren, seien die Kosten einiger Silobauten angeführt.

Von zwei Koks-bunkern, die 1911 für die Maschinenfabrik A. Borsig, Berlin-Tegel, erbaut wurden, kostete jede

80 cbm fassende Anlage 3000  $\mathcal{M}$  (Tonindustrie-Zeitung 1912, Nr. 36, S. 518). Der Kohlenbunker für die Continental-Caoutchouc- und Guttapercha-Compagnie, Hannover von 1000 cbm Inhalt erforderte eine Bauumme von 38 000  $\mathcal{M}$  (Cement und Beton 1908, S. 209), während diejenige einer

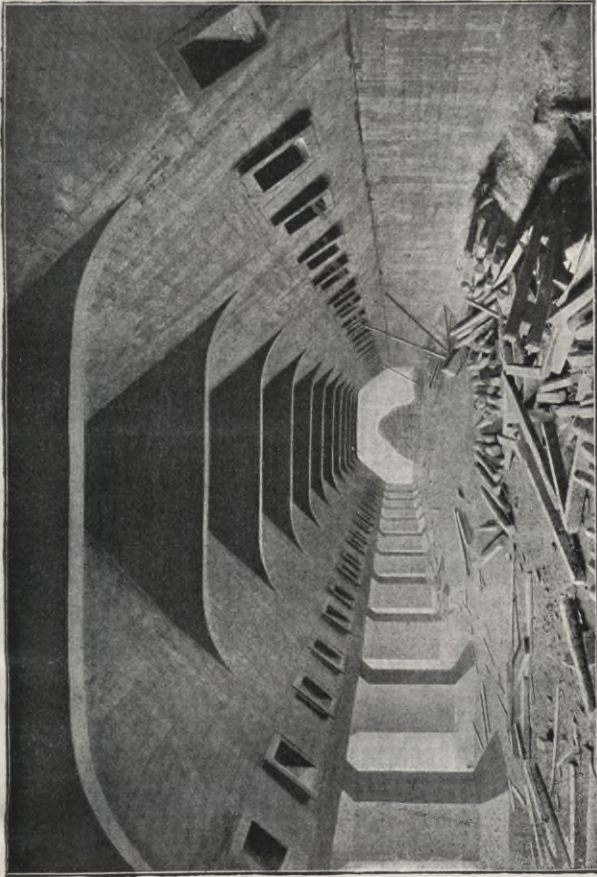


Abb. 36. Ausläufe der Erztaschenanlage in Düdelingen.  
(Wayss & Freytag A.-G., Neustadt a. d. H.)

gleichgroßen Anlage für nasse Staubkohle, die für die Oberschlesischen Kokswerke und chemischen Fabriken A.-G. in Zabrze 1903/04 errichtet wurde, ausschließlich der Überdachung nur 30 000  $\mathcal{M}$  betrug (Deutsche Bauzeitung 1905, Mitteilungen über Cement, Beton- und Eisenbetonbau, S. 5).

Der Malzsilo der Aktienbrauerei zum Löwenbräu in München kostete bei einem Fassungsgehalt von 3960 cbm rd. 100 000 M (Deutsche Bauzeitung, Mitteilungen über Cement, Beton- und Eisenbetonbau 1905, S. 41). Der Kostenanschlag des in Abbildungen 14 bis 19 wiedergegebenen Getreidesilos im Industriehafen von Cöln-Deutz schloß bei einem Nutzraum von 6200 cbm mit rd. 120 000 M ab. Dr. Ing. A. Kleinlogel berechnet in seinem 1913 bei Ernst & Sohn, Berlin, erschienenen Werke „Veranschlagen von Eisenbetonbauten“ die Bausumme für einen 11 200 Sack = rd. 1470 cbm Weizen fassenden Silo mit 41 500 M.

Betriebs-  
sicherheit.

Weitere bedeutende Vorteile der Silos sind auf betriebstechnischem Gebiete zu suchen. Da, wie eben dargestellt, von den für die Betriebsicherheit gefährlichen Fördermaschinen nur wenig im Verhältnis zu anderen Lageranlagen bei gleicher Gesamtleistung benötigt werden, wird die Betriebsicherheit entsprechend gesteigert. Die Wahrscheinlichkeit einer Betriebsstörung, durch die Zeit, Geld und Kundschaft verloren gehen kann, ist nur gering. Der Verschuß des Auslaufs, der schließlich allein für Störungen in Frage kommen könnte, ist nur mit wenig beweglichen Teilen ausgerüstet, so daß die Gefahr äußerst gering ist, zumal wenigstens bei größeren Räumen meist mehrere Auslauföffnungen vorhanden sind, die als gegenseitige Reserve dienen. Große Übersichtlichkeit der ganzen Anlage, leichte Kontrolle der Vorratsmengen sind weitere Vorzüge.

In allen diesen mannigfaltigen Vorteilen der Bauweise und Einrichtung liegt der Grund für die Tatsache, daß in neuerer Zeit der Silobau einen ganz gewaltigen Aufschwung genommen hat, sowohl was die Zahl der Neubauten, als auch was die Größe, die Vielseitigkeit und die technische Einrichtung der Anlagen anbetrifft. Die einschlägige Literatur gibt hierüber ausführlichen Aufschluß. Bei der großen rationalen Ausnutzung des Baustoffes, die der Eisenbeton in ganz hervorragender Weise gestattet, ist zu erwarten, daß bei weiterer Erfahrung im Silobau und bei weiterer Erforschung der Kraftwirkungen des Füllmaterials, über die eine einheitliche Auffassung noch nicht durchgedrungen ist, weitere Vorteile, besonders eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit erreicht werden können, die wiederum eine weitere Verbreitung zur Folge haben müssen.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA  
KRAKÓW

Monotypesatz und Druck von Adolf Gertz G. m. b. H., Charlottenburg.

S-90

S. 61

## Pressluftstamplapparate.

Deutsche Niles - Werkzeugmaschinenfabrik,  
Berlin-Oberschönewalde.

## Sieb- und Sortiertrommeln.

Alpine Maschinenfabrik-Gesellschaft, Augsburg 2.  
G. Polysius, Dessau.  
Mannstaedt-Werke A.-G., Troisdorf bei Köln.  
M. Friedrich & Cie., Leipzig-Plagwitz 6.  
W. Breuer & Probst, Köln-Kalk.  
Zeltzer Eisengießerei- und Maschinenbau A.-G., Köln-Ehrenfeld.

## Steinbrecher.

Alpine Maschinenfabrik-Gesellschaft, Augsburg 2.  
Fried. Krupp A.-G., Grusonwerk, Magdeburg.  
Gebr. Pfeiffer, Kaiserslautern.  
G. Polysius, Dessau.  
Herm. Löhnert, Akt.-Ges., Bromberg.  
Kgl. Bayr. Hüttenamt, Sonthofen.  
Mannstaedt-Werke A.-G., Troisdorf bei Köln.

## Terrazzo- und Kunststein-Rohmaterialien.

Bruno Paukert, Leipzig-Connewitz.  
Deutsche Terrazzo-Verkaufsstelle G. m. b. H.,  
Ulm a. D.  
E. Schwenk, Cement- u. Steinwerke, Ulm a. D.  
Marmor- und Kalkwerke Tharandt, Tharandt  
I. Sa.  
Marmorwerk Fürstenberg I. Sa.  
Marmor- und Mineralmahlwerke Schreilben-  
dorf I. Rsgb.  
R. Naumann, Serpentinwerke Waldheim I. Sa.  
Terrazzowerk Bärwald & Stiemke, Braun-  
schweig.

## Zentrifugalpumpen.

R. Wolf, Magdeburg-Buckau.

## Zerkleinerungsmaschinen zur Herstellung von Betonkies und Sand.

Dr. Gaspary & Co., Markranstädt 296 bei  
Leipzig.  
Fried. Krupp A.-G., Grusonwerk, Magdeburg.  
G. Polysius, Dessau.  
Herm. Löhnert, Akt.-Ges., Bromberg.  
Mannstaedt-Werke A.-G., Troisdorf bei Köln.

# W. Gaertner & Co.

Ingenieur-Bureau, Beton- u. Eisenbeton-Bauunternehmung

Fernsprecher Nr. A 5199

**Cöln**

Kaiser-Wilhelm-Ring Nr. 5

Projektierung und Ausführung von

## ==== Beton- und ==== Eisenbeton-Bauten für Hoch-, Tief- und Wasserbau

Brücken · Wasserbehälter · Stützmauern · Fundamentierungen  
Silos · Lagerhäuser · Fabrikbauten · Geschäftshäuser usw.

# Ne Cement-

## Cement

Mitteilungen der Centralstelle zur Förderung  
der Deutschen Portland-Cement-Industrie

Organ des Vereines

Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten E. V.

Erscheint jeden Donnerstag

Jahres-Abonnement für Mitglieder . . . . . 8 M.

Bei Postbezug . . . . . 12 M.

Unter Streifband ( im Inland . . . . . 16 M.

( im Ausland . . . . . 20 M.

Insertionspreis

0,45 M. für die viergespaltene Pettzelle

Rabattsätze bei Abonnements

## Cement-Kalender

Taschenbuch für Cementverarbeitung  
(Beton- und

Eisenbetonbau sowie Kunststein-Herstellung)

Preis in Leinen geb. 0,90 M.

in Leder geb. 1,30 M.

Erscheint jedes Jahr.

## Protokoll

der Verhandlungen

des Vereines Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten

Herausgegeben vom Verein

Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten E. V.

Erscheint alljährlich

1913 Preis brosch. 4 M.

## Cementverarbeitung

In freier Folge erscheinende Veröffentlichungen über  
den Beton- u. Eisenbetonbau, sowie die Kunststein-  
fabrikation

Herausgegeben von der Centralstelle  
zur Förderung der Deutschen Portland-Cement-  
Industrie

Bisher erschienen:

Heft 1: Mischen und Verarbeiten von Beton 20 Pf.

Heft 2: Betonfußböden und Fußbodenplatten 20 „

Heft 3: Pfosten und Masten . . . . . 30 „

Heft 4: Silobauten in Beton und Eisenbeton 35 „

Heft 5: Cementrohre . . . . . 35 „

Heft 6: Die Verarbeitung der Baustoffe im  
Beton- und Eisenbetonbau . . . . . 65 „

Heft 7: Die Verwendung von Beton und  
Eisenbeton I. Mellorationsbauwesen  
von Fritz Wichmann, kgl. Baurat 1 M.

Über die Verwendung von Cementkalk-  
oder Traßmörtel bei Talsperrenbauten

Herausge-

von Verein Deutscher Portlan-

Preis 30

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-349546

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

zur Förderung der Deutschen Portland-Cement-  
Industrie

Preis geh. 2 M.

in Leder geb. 3 M.

## Die Architektur im Eisenbetonbau

von Dr.-Ing. P. H. Riepert, Regierungsbaumeister a. D.

Preis geh. 4 M., geb. 5 M.

## Ausländische Normenvorschriften für Portland-Cement

Bisher erschienen:

Oesterreich, Dänemark, Schweden, England, Frank-  
reich, Rußland, Amerika, Argentinien, Brasilien,  
Canada, Chile, Japan, Queensland und Philippinen

Preis 0,75 M. pro Heft.

Hierzu separat:

## Internationale Normentabelle für Portland-Cement.

Preis 1 M.

## Analysengang für Portland-Cement 1911

Herausgegeben

von Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten E. V.

Preis 1,30 M.

## Zur Konstitution des Portland-Cementes

Vorträge, herausgegeben

von Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten E. V.

Preis 3,50 M.

## Die Hydratation von Portland-Cement, Eisenportland-Cement und Hochofenschlacken

von Dr. Ferdinand Blumenthal. Preis 1,75 M.

## Einfluß der Wasserdampftension der Luft auf das Volumen des Cementmörtels

Von Leopold Jesser, Wien.

Preis 1,50 M.

## In Kommissionsverlag:

Der Portland-Cement und seine  
Eigenschaften im Bauwesen

Preis geh. 13 M.

geb. 15 M.

Cementverlag



10000297371

g, Knesebeckstr. 74

Verlag und Buchhandlung.