

# DEUTSCHE BAUZEITUNG

## MITTEILUNGEN ÜBER

### ZEMENT, BETON- UND EISENBETONBAU

\* \* \* \* \*  
 UNTER MITWIRKUNG \* DES VEREINS DEUTSCHER PORTLAND-CEMENT-  
 \* \* FABRIKANTEN \* UND \* DES DEUTSCHEN BETON-VEREINS \* \*

VI. JAHRGANG.

NO 16.

#### Die Eisenbeton-Konstruktionen der städtischen Müllverbrennungs-Anstalt in Frankfurt a. M.

Nach einem Vortrag, gehalten von Stadtbaurat Kölle in Frankfurt a. M. auf der XII. Hauptversammlung des „Deutschen Beton-Vereins“ zu Berlin 1909, erweitert durch Mitteilungen der A.-G. für Hoch- und Tiefbauten in Frankfurt a. M. Hierzu die Abbildungen S. 66.

In Frankfurt a. M. hat man sich für die Unschädlichmachung des Kehrriechts auf dem Wege der Verbrennung entschieden. Maßgebend für diesen Entschluß war, daß man neben der Kehrriechtsplage noch eine zweite viel schlimmere Plage, die Schlammplage, d. h. die Frage der Unschädlichmachung des in den städtischen Klärbecken anfallenden Schlammes, mit lösen wollte. Dies ist auch gelungen, indem sich durch Zentrifugen der Schlamm von 90 auf 60% Wassergehalt herabsetzen, der Rest über der Ofenhalle weiter trocknen und dann mit Kehrriecht verbrennen läßt. Versuche haben ergeben, daß der Schlamm noch eine Heizkraft von etwa 2000 Kalorien entwickelt. Es war also die Aufgabe, eine Anstalt für die gleichzeitige Vernichtung von Müll und Schlamm zu errichten, und zwar soll dieselbe für die ganze westliche Hälfte von Frankfurt bzw. einen täglichen Anfall von über 100t Kehrriecht und 260t Schlamm, welcher letzterer sich nach Entwässerung auf 50t herabmindert, dienen. Die Anstalt mußte daher reichlich groß angelegt werden. Um an Transport-Kosten für den Schlamm zu sparen ist die Verbrennungs-Anstalt neben den Kläranlagen errichtet worden. Als Müll- und Schlamm-Verbrennungs-Anstalt ist die Frankfurter Anlage die erste auf dem Kontinent. Sie verdient schon als solche Interesse. Dies wird erhöht durch die eigenartige Anordnung, welche die Gebäulichkeiten erhalten haben, bei denen Eisenbeton-Konstruktionen in ausgedehntem Maße zur Anwendung gekommen sind. Diese Arbeiten wurden von der A.-G. für Hoch-

und Tiefbauten in Frankfurt a. M. (Ob. Ing. Deimling) nach dem Zeugnis der Stadtbauverwaltung in vorzüglicher Weise ausgeführt. Die Anlagekosten betragen rd. 1,5 Mill. M.

Die Gesamtanlage geht aus dem Grundriß, Abbildung 1, sowie dem Quer- und Längsschnitt, Abbildung 2 und 3, hervor. Das Ofenhaus wird mit den Vorfahrten 68 m lang und 12 m breit. Es faßt 4 Ofenbatterien zu je 8 kleinen Herberz'schen Oefen, die sich durch Gleichmäßigkeit und Einfachheit des Betriebes vor anderen auszeichnen.

Da der Verbrennungsbetrieb ein kontinuierlicher sein muß, dagegen der Müll sehr ungleich anfällt, so sind große Vorratsbehälter vorgesehen, welche den Anfall von 2 Tagen aufnehmen können. Diese sind trichterförmig angelegt und ziehen sich durch die ganze Ofenhalle hindurch. — In diese

Trichter wird der Müll aus dem abnehmbaren Wagenkasten mittels Aufzuges und Laufbahn gebracht und zur Verbrennung nach unten in die Oefen ab-

gezogen. Dort wird er ohne jeglichen Zusatz von Feuerungs-Material mit einer Temperatur von etwa 1000° C. verbrannt. Die entstehende Hitze aber wird zur Dampferzeugung im anstoßenden Kesselhause und zur Bereitung von elektrischem Strom im dahinterliegenden Maschinenhaus verwertet. Es werden daraus etwa 500 PS. erzeugt, die so vorteilhaft abgesetzt werden können, daß der Betrieb der Anstalt der Stadt nur sehr wenig kosten wird. Die bei der Verbrennung zurückbleibenden Schlacken, etwa 40% des Gewichts, sollen zu Aufschüttungen von Wegen verwendet bzw. zu Bauzwecken verarbeitet werden. (Forts. folgt.)

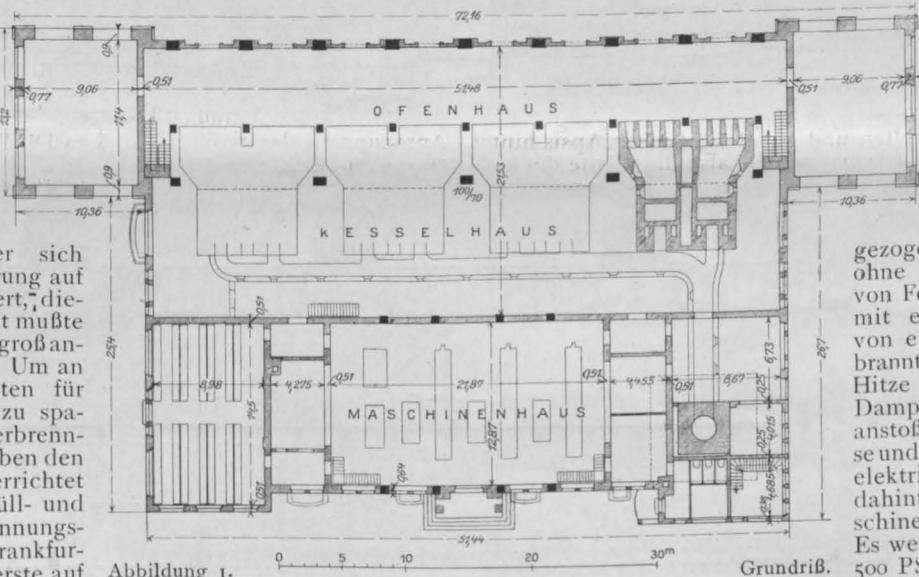


Abbildung 1.

Grundriß.

#### Portland-Zement und die Schlackenmischfrage.

Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten E. V.

Der Hr. Minister der öffentlichen Arbeiten in Berlin hat unterm 6. März d. J. an die ihm untergeordneten Behörden eine Verfügung erlassen, wonach Eisen-Portland-Zement künftig dem Portland-Zement im allgemeinen als gleichwertig erachtet und ebenfalls nach den geltenden Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portlandzement beurteilt werden soll. Diese Verfügung gründet sich auf eine von dem kgl. Materialprüfungsamt in Gr.-Lichterfelde ausgeführte Versuchsreihe, deren Ergebnisse nach den Beschlüssen der vom Hrn. Minister für diese Prüfung eingesetzten Eisen-Portland-Zement-Kommission veröffentlicht werden sollten, deren Veröffentlichung aber bis heute noch nicht erfolgt ist.

Der „Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten“ hält es gegenüber der in obigem Erlaß des Hrn. Ministers ausgesprochenen Gleichstellung des Eisen-Portland-Ze-

mentes mit Portlandzement und den daraus für die Allgemeinheit zu erwartenden Folgen für seine Pflicht, nachstehende Aufklärung zu geben:

Eisen-Portland-Zement entspricht nicht der den Normen vorangestellten Begriffserklärung von Portlandzement.

Wie von den Eisenportlandzement-Fabrikanten jetzt selbst zugegeben und auch in der angezogenen Verfügung des Hrn. Ministers bestätigt wird, ist Eisenportlandzement nichts anderes als ein Mischprodukt von 70% wirklichem Portlandzement und 30% granulierter Hochofenschlacke. Sofern dieses Mischprodukt zur Beurteilung nach den für Lieferung und Prüfung von reinem Portlandzement aufgestellten Normen zugelassen wird, kann das Gleiche mit demselben und noch größerem Recht auch für andere gemischte Zemente wie: Portlandzement mit Traß, Sandmehl, gemahlenem Kalkstein usw., die auch noch die Normenfestigkeit

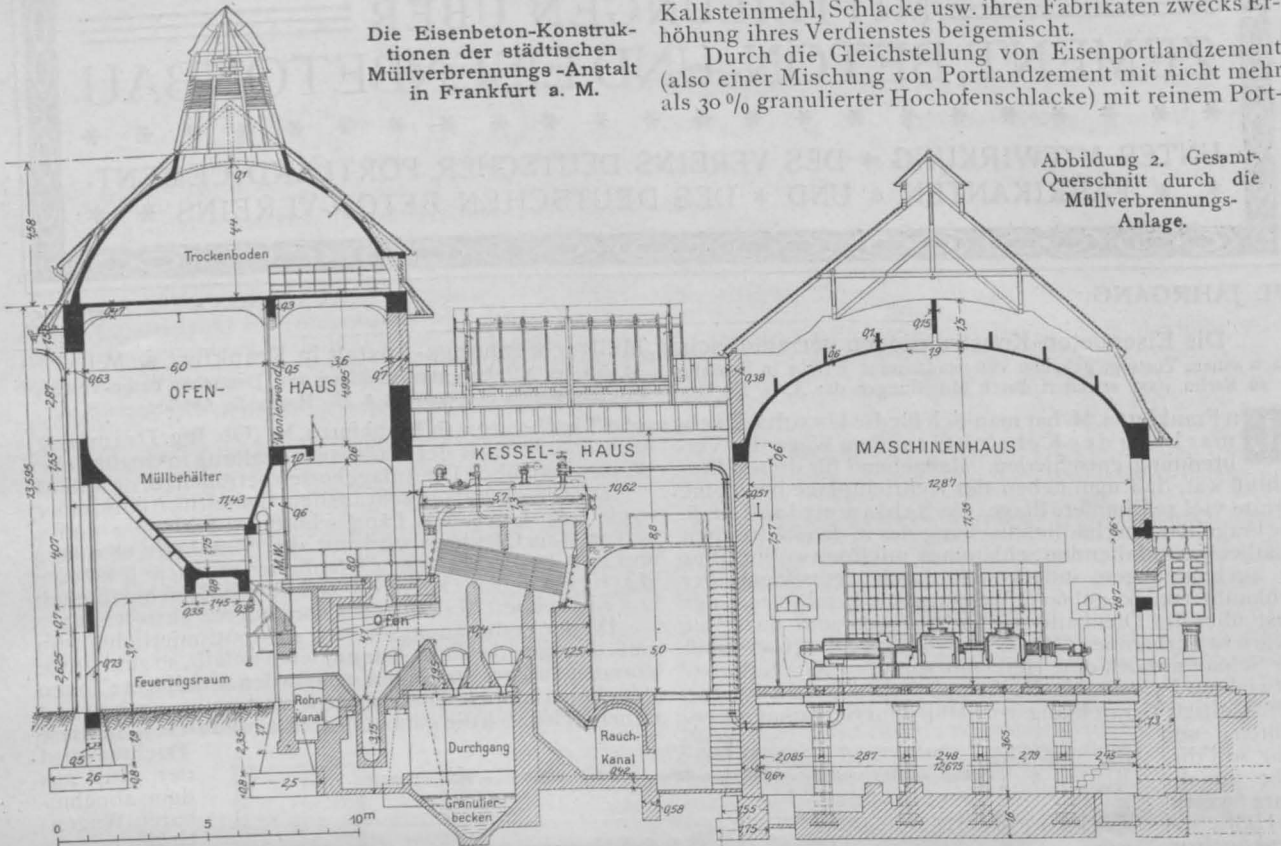
erreichen und in ihrem Wesen dem Portlandzement noch ähnlicher sind, als Eisenportlandzement, beansprucht werden. Durch Versuche des kgl. Materialprüfungsamtes Gr. Lichterfelde ist festgestellt, daß z. B. Portlandzemente, mit 30% Sandmehl, vermisch, ähnliche Festigkeiten aufweisen können, wie Eisenportlandzemente. Da das Sandmehl den

Zementfabriken jederzeit auch von allen Portlandzement-Fabriken eingeführt werden könnte, wie ja auch nach den Beschlüssen der Ministerialkommission „keine Bedenken gegen Zusatz geeigneter Schlacken zu gewöhnlichem Portlandzement bestehen“. Tatsächlich haben auch in früheren Jahren bis zum Einschreiten des Vereins Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten einzelne Fabriken schon Sand, Kalksteinmehl, Schlacke usw. ihren Fabriken zwecks Erhöhung ihres Verdienstes beigemischt.

Durch die Gleichstellung von Eisenportlandzement (also einer Mischung von Portlandzement mit nicht mehr als 30% granulierter Hochofenschlacke) mit reinem Port-

Die Eisenbeton-Konstruktionen der städtischen Müllverbrennungs-Anstalt in Frankfurt a. M.

Abbildung 2. Gesamt-Querschnitt durch die Müllverbrennungs-Anlage.



Schnitt d. d. Mülltrichter.

Schnitt d. d. Ofenraum.

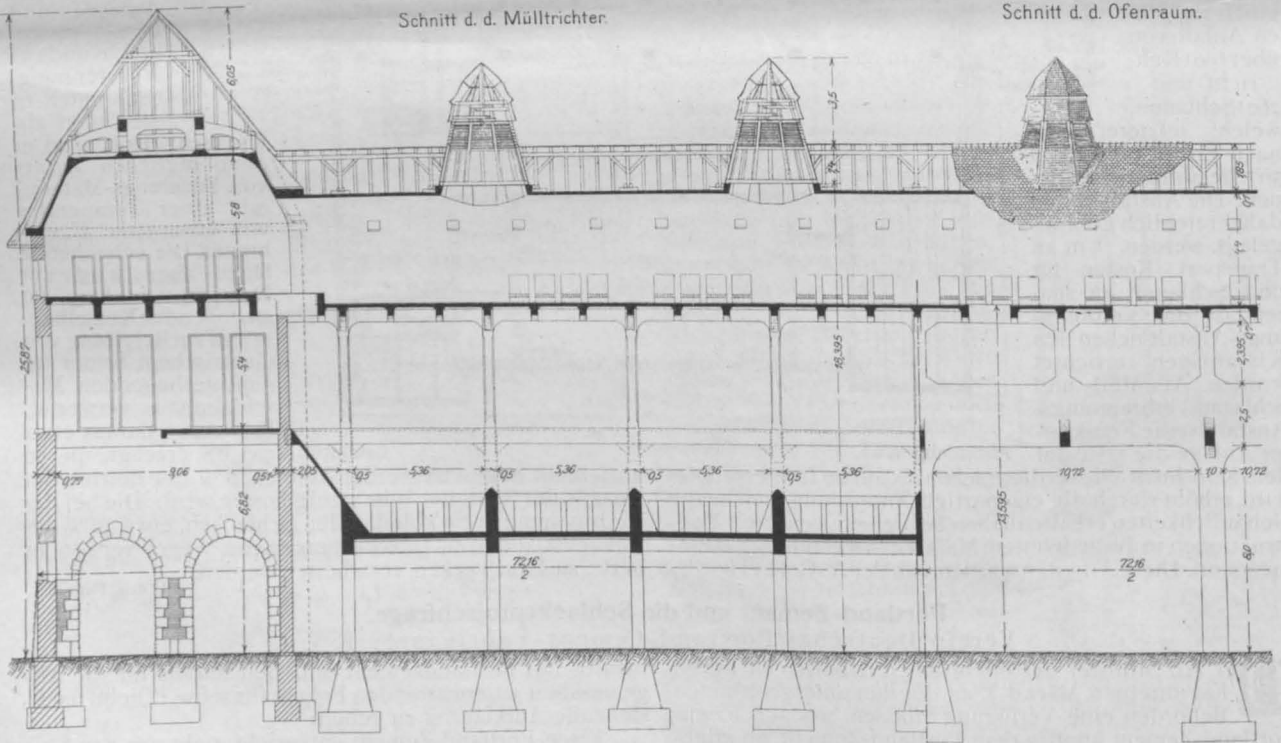


Abbildung 3. Teil-Längsschnitt.

Äußere Anordnung symmetrisch.

Charakter des Portlandzementes nicht verändert, so verhalten sich diese Zemente wie unvermischte Portlandzemente. Andererseits wird die Schlacke als Abfallprodukt in ihrer chemischen Zusammensetzung niemals so gleichmäßig sein können, wie andere Zusatzstoffe, wie Traß, gemahlener Sand- oder Kalkstein.

Wie aus vorstehendem erhellt, handelt es sich bei der Herstellung von Eisenportlandzement durchaus nicht um ein neues Fabrikations-Verfahren, sondern lediglich um ein Mischverfahren, das eben so gut wie von den Eisenportland-

landzement würde daher lediglich das vom Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten von jeher mit Recht und unter Zustimmung aller Baukreise bekämpfte Misch-Verfahren gewissermaßen eine offizielle Sanktionierung erhalten, und es bedarf wohl keines weiteren Nachweises, daß dadurch der wohlbegründete Ruf, den sich die deutsche Zementindustrie durch die Lieferung stets reiner unvermischter Ware im In- und Auslande erworben hat, aufs schwerste gefährdet werden müßte, umso mehr, als nach deutschem Vorbild in allen mit Deutschland in Wettbe-



werb stehenden Kulturstaaten das Mischverfahren in der Zement-Industrie bis jetzt durchaus verpönt ist.

Bei offizieller Zulassung des Mischverfahrens, das dadurch ohne Zweifel eine große Verbreitung erfahren müßte, würde die große Mehrheit der Zement-Verbraucher, die nicht in der Lage sind, die recht schwierigen Prüfungen selbst vorzunehmen, schließlich gar nicht mehr wissen, was ihnen als Portlandzement geliefert wird, und dadurch unter Umständen den größten Schädigungen ausgesetzt sein.

Eine Zulassung des Mischverfahrens in den Fabriken ist aber um so weniger am Platze, als alle diese Zusätze ebenso gut je nach Bedarf auch bei der Mörtelbereitung noch gegeben werden können und auch schon vielfach gegeben werden und zwar, wie die Versuche ergeben haben, mit dem gleichen Erfolge, als wenn die Mischung beim Mahlen der Zementklinker stattgefunden hätte, gleichen Feinheitsgrad der Zusatzstoffe natürlich vorausgesetzt. Keinesfalls ist einzusehen, warum den Eisen-Portland-Zementfabriken allein gestattet sein soll, dem Portlandzement Beimischungen zu geben, während sie in der Lage sind, aus ihrem Material den Normen entsprechenden reinen Portlandzement herzustellen. Während das seitherige Bestreben der Zement-Industrie darauf gerichtet war, die Qualität des Portlandzementes immer mehr zu vervoll-

kommen und zu verbessern, daneben auch die Verarbeitung von Portlandzement immer rationeller zu gestalten und durch Empfehlung geeigneter Zusätze den verschiedenen Zwecken angepaßte möglichst billige und zuverlässige Mörtel zu erzielen, würde das Mischverfahren zur Folge haben, den Wettbewerb künftig nicht mehr in der Qualität, sondern lediglich im Preise und zwar auf Kosten der Qualität zu suchen. Daß letzteres weder im Interesse der Zement-Verbraucher noch im Interesse der Industrie selbst liegen würde, wird Jedermann ohne weiteres zugeben.

Zum Schluß sei noch ausdrücklich darauf hingewiesen, daß der Verein Deutscher Portland-Cement-Fabrikanten weit davon entfernt ist, die Verwendbarkeit von Eisenportland-Zement für manche Zwecke zu bestreiten. Aber wie der Verein es von jeher als eine seiner Hauptaufgaben betrachtet hat, das Mischverfahren in seiner Industrie nicht aufkommen zu lassen, so muß er auch jetzt gegen eine Gleichstellung des Eisenportland-Zementes wie jedes anderen Mischproduktes mit reinem Portlandzement sowohl im Interesse einer gesunden Weiterentwicklung der Zement-Industrie, als auch im Interesse der Aufrechterhaltung des realen Handels auf das Nachdrücklichste Einspruch erheben, und er ist überzeugt, damit auch die Zustimmung der Mehrheit der Zement-Verbraucher zu finden. —

### Beitrag zur Berechnung und Dimensionierung vierseitig aufgelagerter Platten. (Schluß.)

#### b. Dreiseitig aufgelagerte Platte.

Unter den gleichen Annahmen wie für die vierseitig aufgelagerte Platte läßt sich auch für die dreiseitig eine Berechnungsweise aufstellen. Fällt die Auflagerung  $ad$  fort, so kann diese Seite keine Lasten aufnehmen, und die Lastverteilung entspricht Abbildg. 6. Für die Seite  $l_1$  ist das Moment in einem Punkte  $x$ :

$$M = \frac{p(4l_2 - l_1)}{8} l_1 x - \frac{p l_2 x^2}{2} + \frac{p x^3}{6}$$

$$M \text{ wird ein Maximum für } \frac{dM}{dx} = 0$$

$$\frac{l_2 l_1}{2} - \frac{l_1^2}{8} - l_2 x + \frac{x^2}{2} = 0 \text{ oder } x = \frac{l_1}{2}$$

$$M_{\max} = \frac{p l_2 l_1^2}{8} - \frac{p l_1^3}{24} \text{ und für 1 lfm. } = \frac{p l_1^2}{8} \left[ 1 - \frac{1}{3} \frac{l_1}{l_2} \right]$$

$$\text{Für } l_2 = \infty \text{ ist } M = \frac{p l_1^2}{8}, \text{ für } l_2 = l_1 \text{ ist } M = \frac{p l_1^2}{12}$$

Nach der Längsrichtung ist das Maximalmoment:

$$M = -\frac{p l_1^2}{4} \frac{l_1}{6} = -\frac{p l_1^3}{24} \text{ und für 1 lfm. } M = -\frac{p l_1^2}{24}$$

Fällt die Auflagerung einer Längsseite  $ab$  fort, dann ist die Lastverteilung durch Abbildg. 7 dargestellt. Die Fläche  $cc_1 a_1 b_1 d_1 d$  wird auf die Seite  $cd$  übertragen und die restliche Fläche auf  $ac$  und  $bd$ . Das Moment für Achse  $cd$  ist:

$$M = \frac{l_2 \left( \frac{l_1}{2} + m \right)^2}{2} - \frac{l_1^2}{2} \cdot \frac{l_1}{2} + n^2 \left( \frac{n}{3} + m + \frac{l_1}{2} \right), \text{ worin}$$

$$m = \frac{l_1}{2} \left( 1 - \frac{l_1^2}{l_2^2} \right); n = \frac{l_1^3}{2 l_2}$$

$$M = \frac{l_2}{2} \left( l_1 - \frac{l_1^3}{2 l_2^2} \right)^2 - \frac{l_1^3}{4} + \frac{l_1^6}{4 l_2^4} \left( \frac{l_1^3}{6 l_2^2} + l_1 - \frac{l_1^3}{2 l_2^2} \right)$$

$$= \frac{l_2 l_1^2}{8 l_2^4} \left[ 4 l_2^4 - 4 l_1^2 l_2^2 + l_1^4 \right] - \frac{l_1^3}{4} + \frac{l_1^7}{4 l_2^4} \left( 1 - \frac{l_1^2}{3 l_2^2} \right)$$

und für 1 lfm. ergibt sich:

$$M = \frac{l_1^2}{8} \left( 4 - \frac{4 l_1^2}{l_2^2} + \frac{l_1^4}{l_2^4} \right) - \frac{l_1^3}{4 l_2} + \frac{l_2^7}{4 l_2^5} \left( 1 - \frac{l_1^2}{3 l_2^2} \right)$$

für  $l_2 = \infty$  ist  $M = \frac{p l_1^2}{2}$ , der bekannte Wert für einen ausge-

kragten Träger; für  $l_2 = l_1$  ist  $M = \frac{p l_1^2}{24}$ .

Das Moment nach der Längsrichtung  $l_2$  ergibt sich:

$$M = \frac{p n (l_2 - n)}{2 \cdot 12 (l_2 - n)} (3 l_2^2 - 4 n^2) + \frac{p l_1^3}{24}$$

$$\text{und für 1 lfm. ist: } M = \frac{p l_1^2 (3 l_2^2 - \frac{l_1^4}{l_2^2})}{48 l_2^2} + \frac{p l_1^2}{24}$$

$$\text{für } l_2 = \infty \text{ ist } M = \frac{p l_1^2}{24}, \text{ für } l_2 = l_1, M = \frac{p l_1^2}{12}$$

#### c. Berechnung von rechteckigen Behältern.

Die Anwendung obiger Berechnungsweise auf rechteckige Behälter liefert sehr einfache, und meines Erachtens brauchbare, Anhaltspunkte zur Dimensionierung.

A) Eine der kurzen Seiten  $l_1$  des Behälters ist frei. (Abbildung 8.) Dieser Fall kommt sehr häufig bei Silos vor. Die Belastungslinie ist durch das Dreieck  $abc$  dargestellt. Wenn

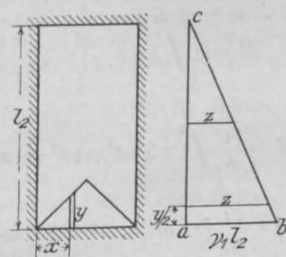


Abbildung 8.

$$\gamma_1 = \gamma \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \text{ dann ist } ab = \gamma_1 l_2$$

Das Moment nach der Längsrichtung wird:

$$dM = y dx \cdot z \cdot \frac{3l_2 - 2y}{2l_2 - y} \cdot \frac{y}{3} = \frac{y l_2}{3} \cdot \frac{3l_2 - 2y}{2l_2 - y} dx$$

$$y = x \text{ und } z = \gamma_1 \left( l_2 - \frac{y}{2} \right) = \frac{\gamma_1}{2} (2l_2 - y), \text{ dann ist:}$$

$$dM = \frac{\gamma_1 y^2}{6} \cdot (3l_2 - 2y) dx = \frac{\gamma_1 x^2}{6} (3l_2 - 2x) dx$$

$$M = 2 \int_0^{l_1} dM = \frac{\gamma_1}{3} \int_0^{l_1} x^2 (3l_2 - 2x) dx = \frac{\gamma_1 l_1^3}{3} \left( \frac{l_2}{8} - \frac{l_1}{32} \right)$$

$$\text{Für 1 lfm ist: } M = \frac{\gamma_1 l_1^2}{96} [4l_2 - l_1]; \text{ für } l_2 = l_1 \text{ ist } M = \frac{\gamma_1 l_1^3}{32}$$

Ist der Behälter hoch, so kann man  $l_1$  gegenüber  $4 l_2$  vernachlässigen und es ergibt sich dann:

$$M = \gamma_1 l_2 \frac{l_1^2}{24}, \text{ worin } \gamma_1 l_2 \text{ der größte spezifische Druck ist.}$$

Das Moment nach der Querrichtung  $l_1$  berechnet sich wie folgt: für den rechteckigen Teil 1, 2, 3, 4:

$$M = \gamma_1 \left( l_2 - \frac{l_1}{2} \right) l_1 \left( \frac{l_2 - l_1}{2} \right) \frac{l_1}{16} = \frac{\gamma_1 l_1^2}{64} (2l_2 - l_1)^2,$$

für den dreieckigen Teil 1, 5, 6:

$$M = \frac{l_1^2}{8} \cdot \gamma_1 \left( l_2 - \frac{l_1}{3} \right) \frac{l_1}{2} - \gamma_1 \int_0^{l_1} x^2 \left( l_2 - \frac{l_1}{2} + \frac{x}{2} \right) dx \text{ (s. Abb. 9)}$$

$$\text{oder: } M = \frac{\gamma_1 l_1^3}{48} (3l_2 - l_1) - \frac{\gamma_1}{2} \left( \frac{2l_2 l_1^3}{24} - \frac{l_1 l_1^3}{24} + \frac{l_1^4}{64} \right)$$

$$M = \frac{\gamma_1 l_1^3 l_2}{48} - \frac{3}{384} \gamma_1 l_1^4 \text{ und}$$

$$M \text{ total} = \frac{\gamma_1 l_1^2}{64} (2l_2 - l_1)^2 + \frac{\gamma_1 l_2 l_1^3}{48} - \frac{\gamma_1 l_1^4}{128}$$

$$M = \frac{\gamma_1 l_2^2 l_1^2}{16} - \frac{\gamma_1 l_2 l_1^3}{24} + \frac{\gamma_1 l_1^4}{128}$$

und für die quadratische Behälter-Wand  $l_2 = l_1$  ist

$$M = \frac{11}{384} \gamma_1 l_1^3 = \text{rd. } \frac{\gamma_1 l_1^3}{35}$$

Ist  $l_2$  groß, z. B.  $l_2 > 2 l_1$ , dann

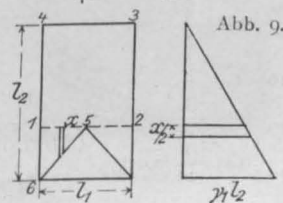


Abb. 9.

wird die Dimensionierung von Meter zu Meter der Höhe vorgenommen — dann ist das Moment für 1 lfm.

$M = \frac{dM}{dl_2} = \gamma_1 l_2 \frac{l_1^2}{8} - \frac{\gamma_1 l_1^3}{24}$ , wovon  $l_2$  die Streifen-Höhe. Ist  $l_2$  groß, so kann man das zweite Glied der obigen Gleichung vernachlässigen, und es ergibt sich  $M = \gamma_1 l_2 \frac{l_1^2}{8}$ , d. h. wie bei einem frei aufliegenden Balken von der Spannweite  $l_1$  und der gleichmäßigen Belastung  $\gamma_1 l_2$ .

Bei einem Behälter ist aber die Wand nicht frei, sondern bildet mit den anderen Seitenwänden einen in sich geschlossenen kontinuierlichen Träger, dessen Dimensionierung entsprechend vorgenommen wird.

B. Ist eine Längswand des Behälters frei, dann zeigt die Lastenverteilung Abbildung 10. Das Moment in der Vertikalrichtung ergibt sich zu:

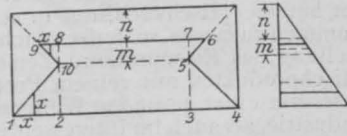


Abbildung 10.

$$M = \gamma \cdot (l_1 - n) \cdot (l_2 - l_1) \left( l_1 - \frac{l_1 + n}{2} \right) \cdot \frac{2n + l_1}{n + l_1} \left( \frac{l_1 - n}{3} \right)$$

oder  $M = \gamma_1 \left( \frac{l_1 - n}{6} \right)^2 (l_2 - l_1) (2n + l_1)$ , für das Dreieck 8, 9, 10:

$$M = 2 \int_0^m x dx \gamma_1 \left( n + \frac{x}{2} \right) \left[ \frac{3n + x}{2n + x} \cdot \frac{x}{3} + m - x + \frac{l_1}{2} \right]$$

$$M = \frac{\gamma_1}{6} \int_0^m (-6nx^2 - 4x^3 + 12mnx - 6nl_1x + 6m^2x + 3l_1x^2) dx$$

$M = \frac{\gamma_1}{6} [2nm^3 + m^4 + 4l_1m^3]$ . Für Dreieck 1, 2, 10 ist:

$$M = 2 \int_0^{l_1} x dx \gamma_1 \left( l_1 - \frac{x}{2} \right) \frac{3l_1 - 2x}{2l_1 - x} \cdot \frac{x}{3} = \frac{\gamma_1}{3} \int_0^{l_1} x^2 (3l_1 - 2x) dx$$

$$M = \frac{\gamma_1}{3} \left[ 3l_1 \frac{l_1^3}{24} - \frac{2l_1^4}{64} \right] = \frac{\gamma_1 l_1^4}{32}$$

$$M_{total} = \frac{\gamma_1 (l_1 - n)^2}{6} (l_2 - l_1) (2n + l_1) + \frac{\gamma_1 m^3}{6} (2n + m + 4l_1)$$

+  $\frac{\gamma_1 l_1^4}{32}$ , und nach Einsetzung der Werte für  $m$  und  $n$ :

$$M = \frac{\gamma_1}{6} \left( l_1 - \frac{l_1^2}{2l_2} \right)^2 (l_2 - l_1) \left( \frac{l_1^2}{l_2} + l_1 \right)$$

+  $\frac{\gamma_1 l_1^3}{48} \left( 1 - \frac{l_1}{l_2} \right)^3 \left( \frac{l_1^2}{l_2} + \frac{l_1}{2} - \frac{l_1^2}{2l_2} + 4l_1 \right) + \frac{\gamma_1 l_1^4}{32}$ , und für 1 lfm.

$$M = \frac{\gamma_1 l_1^3}{6} \left( 1 - \frac{l_1}{2l_2} \right)^2 \left( 1 - \frac{l_1}{l_2} \right) \left( 1 + \frac{l_1}{l_2} \right)$$

+  $\frac{\gamma_1 l_1^4}{96 l_2} \left( 1 - \frac{l_1}{l_2} \right)^3 \cdot \left( 9 + \frac{l_1}{l_2} \right) + \frac{\gamma_1 l_1^4}{32 l_2}$ . Für  $l_2 = \infty$  ist  $M = \frac{\gamma_1 l_1^3}{6}$

der bekannte Wert für eine freie, unten eingespannte Wand; für  $l_2 = l_1$  ist  $M = \frac{\gamma_1 l_1^3}{32}$  wie bereits ermittelt.

Die obige Gleichung läßt sich auch schreiben:

$$M = \frac{\gamma_1 l_1^3}{6} \left[ \left( 1 - \frac{l_1}{2l_2} \right) \left( 1 - \frac{l_1}{l_2} \right) \left( 1 + \frac{l_1}{l_2} \right) \right]$$

$$+ \frac{l_1}{16 l_2} \left( 1 - \frac{l_1}{l_2} \right)^3 \cdot \left( 9 + \frac{l_1}{l_2} \right) + \frac{3 l_1}{16 l_2} \right] = \frac{\gamma_1 l_1^3 a}{6}$$

$a$  läßt sich aus folgender Tabelle bestimmen:

$\frac{l_1}{l_2}$	$a$	$\frac{l_1}{l_2}$	$a$
10	0,188	5	0,553
9	0,227	4	0,664
10	3	3	0,288
8	0,288	10	0,776
10	2	10	0,359
7	0,359	10	0,873
10	1	10	0,451
6	0,451	10	0,955

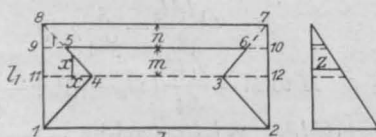


Abbildung 11.

Das Moment nach der Längsrichtung  $l_2$  läßt sich wie folgt bestimmen (Abbildg. 11): Für das Rechteck 7, 8, 9, 10:

$$M = l_2 \cdot n \cdot \frac{n}{2} \cdot \gamma_1 \frac{l_2^2}{8} = \gamma_1 \frac{n^2 l_2^2}{16}$$

für das Dreieck 11, 4, 8:  $M = \frac{l_1^2}{8} \cdot \frac{\gamma_1 l_1}{3} \cdot \frac{l_1}{2} - \int_0^{l_1} x^2 dx \left( \frac{l_1 - x}{2} \right)$

$$= \frac{\gamma_1 l_1^4}{48} - \gamma_1 \left( \frac{l_1}{2} \cdot \frac{l_1^3}{24} - \frac{l_1^4}{128} \right) = \frac{\gamma_1 l_1^4}{128}$$
. Für Dreieck 9, 5, 8:

$$M = \frac{n^2}{4} \cdot \frac{2}{3} \gamma_1 n \cdot n - \int_0^n x^2 dx \left( \frac{n - x}{2} \right)$$

$$= \frac{\gamma_1 n^4}{6} - \gamma_1 \left( \frac{n^4}{6} + \frac{n^4}{8} \right) = \frac{\gamma_1 n^4}{8}$$
; für Dreieck 1, 4, 11:

$$M = \frac{l_1^2}{8} \gamma_1 \frac{2}{3} l_1 \frac{l_1}{2} - \int_0^{l_1} x^2 dx \left( \frac{l_1 + x}{2} \right) \cdot dx$$

$$= \frac{\gamma_1 l_1^4}{24} - \gamma_1 \left( \frac{l_1^4}{48} - \frac{l_1^4}{128} \right) = \frac{5}{384} \gamma_1 l_1^4$$

$M_{total} = \frac{\gamma_1 n^2 l_2^2}{16} + \frac{\gamma_1 l_1^4}{128} - \frac{\gamma_1 n^4}{8} + \frac{5}{384} \gamma_1 l_1^4$  und nach Ein-

setzung des Wertes für  $n$  wird:  $M = \frac{\gamma_1 l_1^4}{64} + \frac{\gamma_1 l_1^4}{48} - \frac{\gamma_1 l_1^8}{128 \cdot l_2^4}$  für  $l_2 = l_1$  ist  $M = \frac{11}{384} \gamma_1 l_1^3 = \text{rd. } \frac{\gamma_1 l_1^3}{35}$  wie bereits ermittelt,

für  $l_2 = \infty$  ist  $M_2 = \frac{7}{192} \gamma_1 l_1^3 = \text{rd. } \frac{\gamma_1 l_1^3}{28}$ .

Demnach sollten auch sehr lange und niedrige Wände in der Längsrichtung nach dem Momente  $\frac{\gamma_1 l_1^3}{28}$  armiert werden.

Beispiel: Es soll ein rechteckiger Behälter von  $4 \cdot 5,5$  Grundfläche und  $3^m$  Wasserhöhe dimensioniert werden. Da die Höhe kleiner als die Breite ist, so gilt Fall B. 1. Die Längswand:  $l_2 = 5,5$ ,  $l_1 = 3^m$ ;  $\frac{l_1}{l_2} = 0,545$ . Aus der Tabelle ergibt sich das Moment für die vertikale Armierung zu:

$$M_1 = \frac{1000 \cdot 3^3}{6} \cdot 0,502 = 2260 \text{ mkg}$$

$$h = 0,39 \sqrt{2260} = 20 \text{ cm}, f_e = 0,29 \sqrt{2260} = 13,7 \text{ qcm.}$$

Da in Wirklichkeit die Betonstärke unten durch den kräftigen Wulst bedeutend größer ist, so erscheint eine Armierung von  $10 \Phi 13 \text{ mm} = 13,3 \text{ qcm}$  reichlich bemessen. Die Horizontal-Armierung bestimmt sich nach dem Momente:

$$M_2 = \frac{4}{5} \frac{1000 \cdot 3^3}{16} \left[ \frac{7}{12} - \frac{1}{8} \cdot 0,545^4 \right] = 775 \text{ mkg.}$$

Bei einer mittleren Wandstärke von  $15 \text{ cm}$  ergibt sich:

$$h = 0,464 \sqrt{775} = 15 \text{ cm}, f_e = 0,242 \sqrt{775} = 6,77 \text{ qcm,}$$

vorgesehen sind  $9 \Phi 10 \text{ mm} = 7,06 \text{ qcm}$ .

Diese wagrechte Armierung lassen wir nach innen und nach außen durchgehen. Querwand:  $l_2 = 4$ ,  $l_1 = 3$ ,

$$\frac{l_1}{l_2} = 0,75; M_1 = \frac{1000 \cdot 3^3}{6} \cdot 0,323 = 1450 \text{ mkg}$$

$$h = 0,477 \sqrt{1450} = 20 \text{ cm}, f_e = 0,235 \sqrt{1450} = 8,9 \text{ qcm}$$

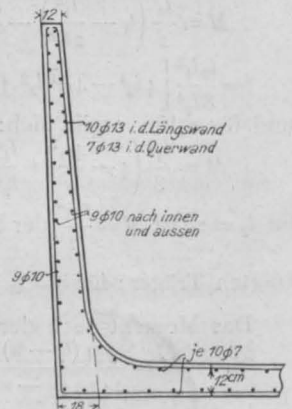
vorgesehen  $7 \Phi 13 \text{ mm} = 9,3 \text{ qcm}$ .

$$M_2 = \frac{4}{5} \frac{1000 \cdot 3^3}{6} \left[ \frac{7}{12} - \frac{1}{8} \cdot 0,75^3 \right] = 770 \text{ mkg}$$

Sie wird gleich der Längswand dimensioniert. Die Anordnung der Eiseneinlagen ist durch Abbildung 12 dargestellt.

Ich möchte noch erwähnen, daß nach dieser Berechnungsweise eine ganze Reihe von Behältern durch die Firma Franz Schlüter in Dortmund dimensioniert und ausgeführt wurden, und daß sie sich dort sehr gut bewährt hat. Ich behalte mir noch vor, demnächst eine sinngemäße Erweiterung dieser einfachen Berechnungsweise auf runde Behälter anzugeben. —

Dipl.-Ing. C. Abeles.



**Inhalt:** Die Eisenbeton-Konstruktionen der städtischen Müllverbrennungs-Anstalt in Frankfurt a. M. — Portland-Zement und die Schlackemischfrage. — Bei rag zur Berechnung und Dimensionierung vierseitig aufgelagerter Platten. (Schluß) —

Verlag der Deutschen Bauzeitung, G. m. b. H., Berlin. Für die Redaktion verantwortlich Fritz Eiselen, Berlin. Buchdruckerei Gustav Schenck Nachflg., P. M. Weber, Berlin.