Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 7/8 (1886)

Heft: 6

Artikel: Zerreissen eines aus Portlandcement-Stampfbeton hergestelltem Gasbehälterbassins

Autor: Kern, Gaston

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-13662

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 01.08.2025

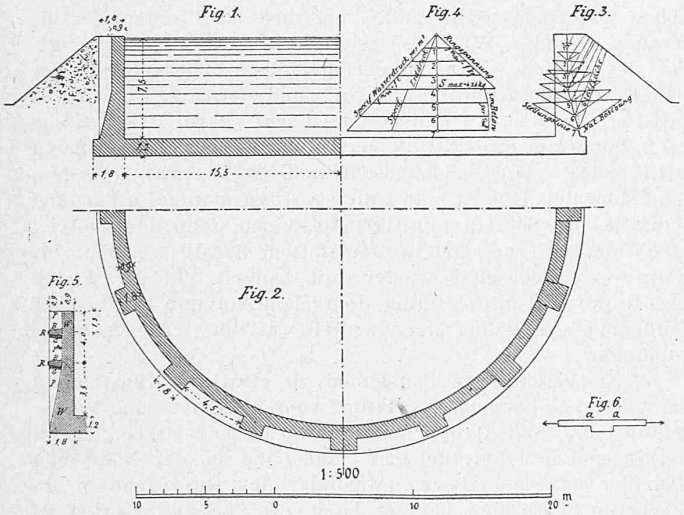
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Zerreissen eines aus Portlandcement-Stampfbeton hergestellten Gasbehälterbassins.

Im Anschluss an die interessanten Mittheilungen von Prof. Tetmajer über die Anwendung des Schlackencement-Stampfbetons bei Bauten, erlaube ich mir über eine Construction aus Portlandcement-Stampfbeton zu referiren, die den Erwartungen nicht entsprochen hat und gerade desshalb von weiterem Interesse sein dürfte.

Vor einem Jahre wurde nämlich in der Augsburger Filialgasfabrik ein Gasbehälterbassin von 31 *m* Durchmesser und 7,5 *m* Tiefe hergestellt und zwar, nicht wie die zwei danebenstehenden, aus Bruchsteinmauerwerk, sondern aus dem in Augsburg verhältnissmässig sehr billigen *) und im Allgemeinen sehr dauerhaften Portlandcement-Stampfbeton.

Die Dimensionirung der Wand des Bassins wurde dem Unternehmer überlassen, ebenso das Mischungsverhältniss des Materials; dagegen wurde eine fünfjährige Garantie verlangt.



Die vorstehende Zeichnung stellt das Bassin in Grundriss und Querschnitt dar, so wie es vom Unternehmer projectirt und ausgeführt wurde. Die Wandstärke beträgt an der Krone 90 *cm* und an der Basis 1,80. Auf den 14 Verstärkungspfeilern steht je eine 54 *q* schwere Leitwerksäule, die den Gasbehälter von 5000 m^3 im Gleichgewicht hält. Diese Säulen sind, wie üblich, auf den Pfeilern stark verankert und oben durch Fachwerke im Kreise mit einander verbunden.

Der ganze Bau fusst auf gleichmässigem und sehr festgebettetem Diluvialkies.

Zur Herstellung des Betons wurde das Verhältniss von 1 Cement zu 2 Sand und 4 mittelgrobem Geschiebskies innegehalten. Kies, Sand und Cement wurden hiebei auf einen Haufen geworfen, dann mit Wasser begossen, während des Begiessens 3 Mal umgeschlagen und in Schichten von 20 bis 30 *cm* eingestampft. Die äussere Wandfläche des Bassins blieb roh und lässt jetzt noch die Schichtenfugen deutlich erkennen. Die Krone und das Innere des Bassins wurden mit Cement verputzt. — Ende Juni 1885 war der Böschungskegel aus gestampfter Erde, um das Bassin herum, hergestellt und Ende October, nach Vollendung des Gasbehälters, wurde das Bassin mit Wasser gefüllt und dem Betrieb übergeben.

*) Die Preise der Materialien inclusive Gerüste und Versetzung, sind in Augsburg pro m^3 folgende:

1. Backstein-Mauer mit Portlandcement	27— 30	M.
2. Beton aus Portlandcement 1 : 3 : 6 .	35	„
3. Sandstein	55— 60	„
4. Kalktuff von Nördlingen	60— 70	„
5. Conglomerat	80—100	„
6. Muschelkalk	80— 90	„
7. Kalkstein	110—120	„
8. Granit	140 – 200	„

Am 27. März, Nachmittags 1 Uhr, sank plötzlich das Wasser im Bassin um 70 *cm* und gleichzeitig wurde ein Stück des Erdkegels durch das aus dem Bassin ausströmende Wasser weggeschwemmt.

Eine sofortige Untersuchung liess auf der Südseite, da, wo einer der Verstärkungspfeiler mit dem Normalprofil zusammenstösst, einen an der Krone 12 *mm* breiten Riss erkennen, der, wie sich bei der Reparatur zeigte, bis zum Boden senkrecht herabging.

Das Bassin war also vier Monate lang in Betrieb gestanden und bis zum Rand mit Wasser gefüllt gewesen, hatte den kalten Winter mit seinen Stürmen unversehrt mitgemacht und zerriss erst nach eingetretener warmer Witterung.

Am 6. April untersuchte ich das Bassin und constatirte, dass der Riss an der Krone noch 2 *mm* Oeffnung hatte und dass an *allen* andern Stossflächen von Pfeiler mit Normalprofil Haarrisse sichtbar waren, die sich zum Theil bis tief hinunter in das Bassin verfolgen liessen.

Alle diese Risse convergirten von den Pfeilerecken nach dem Centrum des Bassins, durchschnitten also quer die Wand. (Siehe Figur 2, wo rechts einige dieser Risse eingezeichnet sind.) Am 28. April hörte das Ausströmen des Wassers ganz auf, nachdem es im Innern des Bassins 3,50 *m* gefallen war. Der Riss hatte sich innerhalb dieser Zeit auf 1 *mm* reducirt. Bald darauf wurde der Erdkegel des Bassins ringsum auf 4 *m* Tiefe abgetragen, so dass man nun auch mit dem Pickel das Material auf seine Festigkeit untersuchen konnte.

Hiebei zeigten die verschiedenen Stellen der rohen Betonwandung eine sehr verschiedene Widerstandsfähigkeit. An einigen Stellen und zwar besonders an den Schichtenfugen, bröckelte der Beton sehr leicht ab, während er an andern Stellen granithart war. Die Schichtenfugen, welche weit oberhalb des Wasserspiegels sich befanden, waren auch während der heissen Tage feucht.

Die zugezogenen Experten constatirten, dass die Wandstärken des Bassins zu klein gewählt waren und dass das angewandte Material an und für sich schlecht und ausserdem noch schlecht zubereitet worden war.

Um das Bassin wieder dicht zu machen, wurde von den Experten Folgendes vorgeschlagen:

In einer Tiefe von 4 *m* unterhalb der Bassinkrone, solle ein schmiedeiserner Ring oder Reif von 200/18 nun um das Bassin gelegt werden und eben ein solcher 1,50 *m* unterhalb der Krone. Damit aber diese Ringe nicht blos auf die Verstärkungspfeiler drücken, solle denselben, zwischen je zwei Pfeilern, Betonlamellenauflager gegeben werden, die als Gewölbe construirt werden sollen, deren Widerlager die Verstärkungspfeiler bilden. In nebenstehender Zeichnung ist diese Disposition veranschaulicht. *B B* sind die Querschnitte durch das Gewölbe. *G* deutet die Wölbung an. Zum Dichten des Risses wurde vorgeschlagen, denselben im Innern durch eine Bleiplatte zu decken und aussen mit Cement möglichst zu verputzen. Alle diese Anordnungen wurden pünktlich ausgeführt.

Die zwei Eisenreife bestehen aus je 7 Stücken, die durch Verbindungsmuttern mit rechtem und linkem Gewinde entsprechend angezogen wurden. Ein Zusammengehen des Risses konnte nach dem Anziehen nicht constatirt werden.

Der obere Reif wurde 1,5 *m* unter der Bassinkrone angebracht, um vor den Einwirkungen der äusseren Temperatur-Schwankungen geschützt zu sein.

An der Krone wurde der Riss auf circa 1 *m* Tiefe keilförmig ausgespitzt und sorgfältig mit bestem Stampfbeton ausgefüllt.

Zum Verdichten des Risses im Innern des Bassins wurde, nach dem Ausspitzen und Betoniren desselben, eine Bleiplatte dicht angeschraubt und zwar desshalb, weil eine solche Bleiplattendichtung mit sehr gutem Erfolg am gerissenen Beton-Bassin in Wiesbaden angewandt wurde.

Um diese Arbeit zu ermöglichen, wurde das Bassin leergepumpt und der Behälter mit Winden auf die dem

Riss entgegengesetzte Seite geschoben, so dass ein Arbeitsraum von 50 *cm* zwischen Behälter und Bassin entstand.

Die Betonlamellen wurden mit der grössten Sorgfalt ausgeführt. Das Verhältniss von Cement zu Sand und Kies war 1 : 3 : 6 und das Anmachen geschah durch zwei Mann auf folgende Weise:

1. Operation. Der Sand wird auf einem Holzboden in dünner Schicht ausgebreitet und der Cement in gleichmässiger Schicht darauf gegossen; das ganze in einen länglich hohen Haufen umgewandelt und dieser dann drei Mal nacheinander zu zwei Haufen umgeschlagen. Diese erste Operation geschieht mit dem noch trockenen Material.

2. Operation. Der Haufen wird ringförmig gehäufelt, so dass man im Innern des Kreises Wasser zuschütten kann, dann zu einem Haufen geworfen und derselbe mittels sogenannten Säbeln drei Mal nach einander geschnitten und dann wird mit der Schaufel die erste Operation wiederholt.

3. Operation. Nun wird die so bearbeitete nasse Cementsandmischung auf den feuchten Kies ausgebreitet und die erste Operation nochmals wiederholt. Die drei Operationen dauern zusammen 20 Minuten. Sechs Arbeiter sind im Stande in einem Tage 11 m^3 Beton anzumachen. Jede Mischung hat circa $^1/_2$ m^3.

Wir wollen nun die Ursachen untersuchen, die diesen Riss herbeigeführt haben.

Zuerst könnte in Betracht gezogen werden, ob die Fundirung ungenügend oder schlecht gewesen sei. Diese Vermuthung fällt indess von vorneherein dahin, da der Baugrund ein ausgezeichneter war. Alle Bauten der Gasfabrik sind auf demselben Boden fundirt und zeigen keinerlei Senkungen. Dann wäre es möglich, dass der Riss durch heftige Windstösse in der Weise hervorgerufen worden wäre, dass der Winddruck vom gefüllten Gasbehälter aus auf *eine einzige* Leitwerksäule übetragen wurde. Wäre dies jedoch der Fall gewesen, so hätte sich der Riss gleich nach einem Sturm gezeigt. Es war aber windstilles und schönes Wetter als der Riss entstand. Nun bleiben noch die Ursachen, die von den Experten als massgebend angegeben wurden, d. i.: zu kleine Wandstärke und schlechtes Material. Eine graphisch-statische Untersuchung wird uns am schnellsten Aufschluss geben, ob die Wandstärke zu klein war.

Die Wand des Bassins ist durch den Wasserdruck auf Zug beansprucht. Ihm entgegen wirkt zunächst die Cohäsion oder Zugfestigkeit des Betons, die nach Bauschinger bei gutem Beton 15—19 *kg* pro cm^2 beträgt, zweitens der active Erddruck, der zwar nach den Aussagen des Bauunternehmers selbst beim Dimensioniren des Bassins nicht in Berücksichtigung gezogen wurde, aber thatsächlich zur Festigkeit des Bassins beiträgt.*)

Es wurde angenommen der
Reibungswinkel von Erde auf Erde sei $\varphi = 35^\circ$
„ von Erde auf Mauerwerk sei $\varphi_1 = 10^\circ$
Das specifische Gewicht der Erde sei $\gamma = 1{,}7$

Unter diesen Voraussetzungen wurde der Erddruck (der active, weil es sich um aufgeschüttete Erde handelt) construirt und zwar für sieben verschiedene Höhen. Für jede derselben ist in der Figur 3 das „Druckdreieck", dessen Flächeninhalt, mit γ multiplicirt, den Erddruck angibt, eingezeichnet. Für den Punkt 4 ergaben sich, da von dort an die Richtung der Aussenwand sich ändert, zwei verschiedene Dreiecke. Hierauf wurden die Horizontalcomponenten der Erddrücke bestimmt, aus deren Differenzen die „specifischen" Erddrücke, d. h. die an jeder Stelle pro m^2 wirkenden Drücke berechnet und diese von den specifischen Wasserdrücken abgezogen. Die Differenz, mit dem mittleren Radius der Betonwand multiplicirt, ergab sodann die Ringkraft pro 1 *m* Höhe, und diese durch die Dicke der Betonwand dividirt, die specifische Ringspannung. Die specifischen Drücke, sowie die schliesslich erhaltenen Ringspannungen sind in der Figur 4 dargestellt. Wie aus dieser Darstellung und aus obenstehender Tabelle ersichtlich, steigt die Ringspannung im Maximum auf 42,6 *t* pro m^2 oder 4,26 *kg* pro cm^2.

Punkt No.	Fläche d. Druckdreiecks m^2	Erddruck *t*	Horizont. Compon. d. Erddr. *t*	Specif. Druck *t*	Specif. Wasserdruck *t*	Horizont. Kraft pro 1 *m* Höhe *t*	Ringspannung im Beton pro m^2
1	0,13	0,22	0,21	0,44	1,00	8,9	9,9
2	0,51	0,87	0,85	0,84	2,00	18,5	20,5
3	1,11	1,89	1,86	1,18	3,00	29,0	32,2
4	1,94	3,30	3,25	1,60	4,00	38,3	42,6
4	1,82	3,09	2,82	2,09	4,00	30,5	33,9
5	3,26	5,54	5,05	2,37	5,00	42,3	36,6
6	4,92	8,36	7,63	2,79	6,00	52,1	36,8
7	6,87	11,67	10,66	3,27	7,00	60,9	36,4

Wie man sieht steht diese Zahl weit unter der von Bauschinger angegebenen zulässigen Zugfestigkeit für Beton. Es geht daraus aufs neue hervor, dass die Ergebnisse einer Versuchsanstalt, wo Alles mit der grössten Sorgfalt und mit dem besten Verständniss zubereitet werden kann, stets nur unter Anwendung eines Sicherheitscoefficienten auf die Praxis übertragen werden dürfen. Auch ersieht man hieraus wie wichtig es ist, dass jeder Bauunternehmer sich selbst durch Festigkeitsversuche von Beton (der der Baustelle direct entnommen werden sollte) über den Werth des Materials und der Zubereitungsweise ein klares Bild macht.

Im vorliegenden Falle dürfen wir annehmen, dass der Beton schlecht war, ferner dass kein Grund vorlag, das Profil in der Mitte zu brechen und den Anzug erst 4 *m* unterhalb der Krone beginnen zu lassen. Hätte man das von den Ingenieuren der Gasfabrik projectirte gleichförmige Profil angenommen, so hätte die Zugspannung erst am Fusse der Wand ihr Maximum erreicht und hätte blos 3,64 *kg* pro cm^2 betragen.

Herr Professor W. Ritter aus Zürich, dem wir vorliegende Arbeit unterbreiteten, gab uns nachfolgende Aufschlüsse: „Dass die Risse dicht bei den Pfeilern eingetreten sind, erklärt sich einfach: Man denke sich einen auf Zug beanspruchten Stab von der durch Fig. 6 dargestellten Form, so vertheilt sich der Zug im Allgemeinen gleichförmig über den Querschnitt; an den Uebergangsstellen *aa* jedoch treten Unregelmässigkeiten in der Vertheilung der Kräfte auf und die Spannung wird desshalb dort grösser; die Stellen *a* sind die gefährlichsten; es folgt daraus, dass die Pfeiler der Festigkeit des Bassins eher geschadet als genützt haben. Hinsichtlich der statischen Untersuchung ist noch zu bemerken, dass ein Theil des Wasserdrucks auch durch die Stabilität oder das Umkippmoment der Mauer aufgenommen wird; jedoch lässt sich nicht sagen wie viel, und ein beträchtlicher Theil ist es jedenfalls nicht.

Der Fall zeigt, dass Beton für ringförmige Reservoirs nicht geeignet ist; Bruchsteinmauerwerk ist vorzuziehen, da die Festigkeit in horizontaler Richtung durch den Steinverband begünstigt wird."**)

Thormann und Schneller, die grossen Beton-Bauunternehmer in Augsburg, welche die Reparatur des Behälters übernommen haben, theilen diese Ansicht vollständig, und glauben ausserdem, dass in Betonringen von einem so beträchtlichen Durchmesser durch das Arbeiten desselben im Innern beträchtliche Spannungen auftreten, welche die Solidität sehr beeinträchtigen.**)

Augsburg, im Juni 1886.

Gaston Kern, Ingenieur.

*) Das Bassin eines Gasbehälters wird gewöhnlich nur desshalb mit einer Erdböschung umringt, um das Wasser und somit das Gas vor Temperaturschwankungen zu schützen.

*) Das Betongasbehälterbassin von Kempten und dasjenige von Ulm sind ebenfalls zerrissen und mussten, ähnlich wie das besprochene geflickt werden.

**) Analytische Berechnungen von Gasbehälterbassins finden sich in der neuen Auflage von Dr. Schilling's Werk über Gasbeleuchtung.