

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 81 (1963)
Heft: 42

Artikel: Stockwerktauk für Lösungsmittel
Autor: Limpert, G. / Stahel, W.M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-66893>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 13.03.2025

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

Stockwerktank für Lösungsmittel

Von Dr.-Ing. G. Limpert und W. M. Stahel, dipl. Ing., Brugg

DK 624.953

1. Zweck des Behälters

Die Firma Geigy-Werke Schweizerhalle AG. hatte seinerzeit auf ihrem Areal am Rhein, im Auhafen/BL, bereits zahlreiche Ueberflurtanks normaler Bauweise für Benzin und Oel mit jeweils mehreren tausend Kubikmetern Inhalt erstellt. Es zeigte sich nunmehr noch das Bedürfnis nach fünf bis sechs kleineren Tanks von je etwa 300 m³ Inhalt, die zur Lagerung von Flüssigkeiten der Kategorie B 1, d. h. mit einem Flammpunkt unter 21 °C, dienen sollten. Diese Flüssigkeiten werden im allgemeinen in relativ kleinen Mengen gebraucht, und schon aus diesem Grunde schien eine gedrängte Bauweise der nötigen Behälter zweckmässig. In der Hauptsache aber sollte möglichst wenig des sehr wertvollen Bodens im Auhafen überbaut werden.

Es wurden verschiedene Varianten studiert, sechs Kammern von je 333 m³ Inhalt in einem zylindrischen Tank so unterzubringen, dass dieser den übrigen auf dem Gelände aufgestellten Benzin- und Oeltanks ähnelte, also zumindest eine Höhe von etwa 24 m aufwies. Für einen Gesamthalt von 2000 m³ ergab sich demnach ein Durchmesser von 10 m. Die erste Variante mit zylindrisch und auch die zweite mit radial aufgeteilten Kammern waren wegen der damit sich ergebenden Kammerhöhen von 24 m aus statischen Gründen nicht diskutabel. Bei der ersten Variante hätten die zylindrischen Wände für den Fall, dass jeweils die innere Kammer leer ist, für den vollen hydrostatischen Aussendruck derart berechnet werden müssen, dass sie eine genügende Sicherheit gegen Einbeulen infolge dieses Aussendruckes aufweisen. Dazu hätten diese Wände durch Versteifungen erheblich verstärkt werden müssen. Auch bei der zweiten Variante, den radial eingeteilten Kammern, würden die senkrechten Wände den vollen hydrostatischen Druck erhalten, wenn die benachbarte Kammer leer ist. Bei 24 m Höhe würden sie somit in ihrer Ausführung etwa Schleusentoren entsprechen. Als dritte Variante blieb somit nur noch übrig, den zylindrischen Behälter in horizontale Kammern aufzuteilen.

2. Belastungen

Auf den ganzen Behälter wirkt als äussere Belastung genau wie bei jedem anderen Stehtank der Winddruck von 90 kg/m². Die aerodynamischen Beiwerte für den Mantel und das Dach wurden der Tafel 6 der S. I. A.-Normen Nr. 160 entnommen. Das Dach selbst erhält ausserdem noch eine Schneebelastung, die für Basel 90 kg/m² beträgt.

Die einzelnen Kammern sollen jeweils zur Aufnahme von verschiedenen flüssigen chemischen Rohstoffen, insbesondere von Lösungsmitteln dienen. Diese Flüssigkeiten haben alle ein spezifisches Gewicht unter 1, ausser Chlorbenzol. Für die weiteren Untersuchungen wurde angenommen, dass Chlorbenzol nur in die unterste Kammer eingefüllt wird. Für diese wurde daher eine Füllung mit dem spezifischen Gewicht 1,2, für die übrigen eine solche mit 1,0 der Berechnung zugrunde gelegt.

Ausserdem wurde gemeinsam mit der Bauherrschaft festgelegt, dass in den einzelnen Kammern nur ein Ueberdruck von max. 1000 mm WS und ein Unterdruck von max. 100 mm WS auftreten darf. Die Beschränkung auf diese Werte erfolgte, weil, wie später gezeigt wird, sonst eine wirtschaftlich tragbare Ausführung nicht mehr möglich gewesen wäre.

Als Material wurde für den ganzen Behälter ein garantiert schweisbarer Stahl 37 gewählt. Für die Mantelschüsse bei den Kugelkalotten wurde Material der gleichen Qualität, jedoch in einer speziell beruhigten Ausführung verwendet.

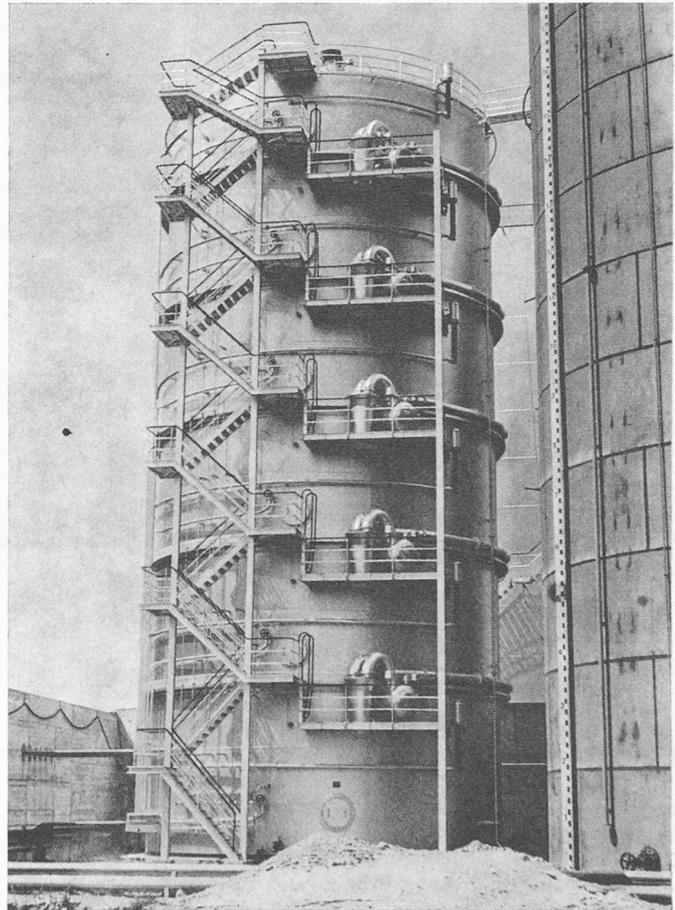


Bild 1. Ansicht des zuerst erstellten Behälters

Die letztgenannten Bleche sind mittels Ultraschall auf Doppelungen sorgfältig geprüft worden.

Für die Schweissnähte wurde als Berechnungsgrundlage beim ganzen Behälter aus Sicherheitsgründen nur die Güteklasse II nach S. I. A.-Norm 161 angenommen; dies bedeutete für die Bemessung der Blechstärken einen Schweißfaktor in x -Richtung von 0,7 und in y -Richtung von 0,85. Einige besonders wichtige Schweissnähte (Ringnaht bei der Kugelkalotte zwischen dem Blech von 13 und 10 mm Dicke¹⁾ und diejenige zwischen Kugelkalotte und Mantel) sind selbstverständlich mit besonderer Sorgfalt geschweisst, und ein grosser Teil davon durch Röntgenaufnahmen kontrolliert worden.

Die Wandstärken derjenigen Bleche des Behälters, die mit den Flüssigkeiten in Berührung kommen, erhielten einen Abrostungszuschlag von 2 mm, das heisst also, dass die einzelnen Bleche um dieses Mass dicker ausgeführt wurden, als nach der statischen Berechnung erforderlich wäre.

3. Statischer Aufbau

Bei der Berechnung des Mantels musste darauf geachtet werden, dass zwar jede einzelne Kammer nur unter dem hydrostatischen Druck entsprechend der Kammerhöhe, in

¹⁾ Diese Zahlenangaben für die Blechstärken enthalten den Abrostungszuschlag von 2 mm. In den Ausführungen über die statische Berechnung des Behälters (Abs. 3) sind jedoch alle Blechstärken ohne den Zuschlag von 2 mm angegeben.

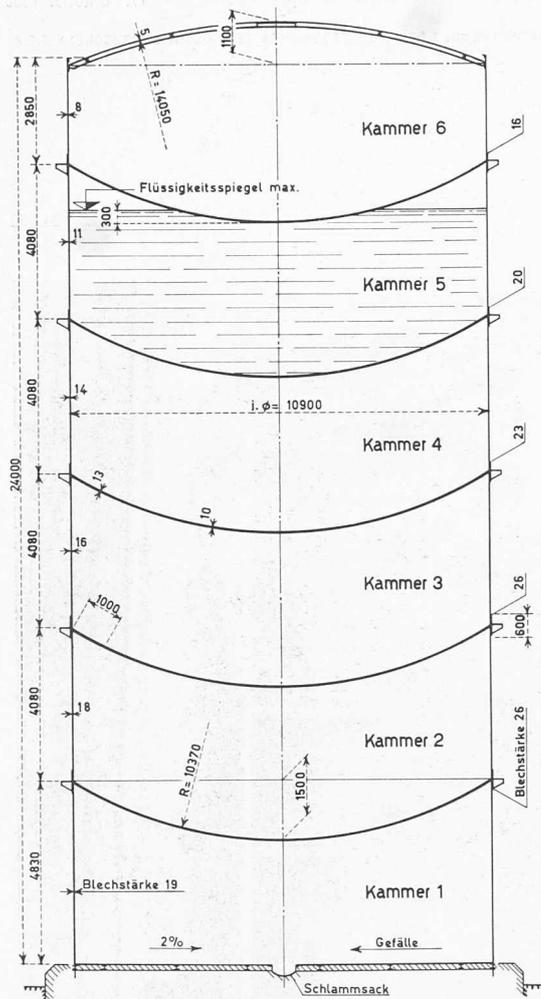


Bild 2. Vertikalschnitt 1:200

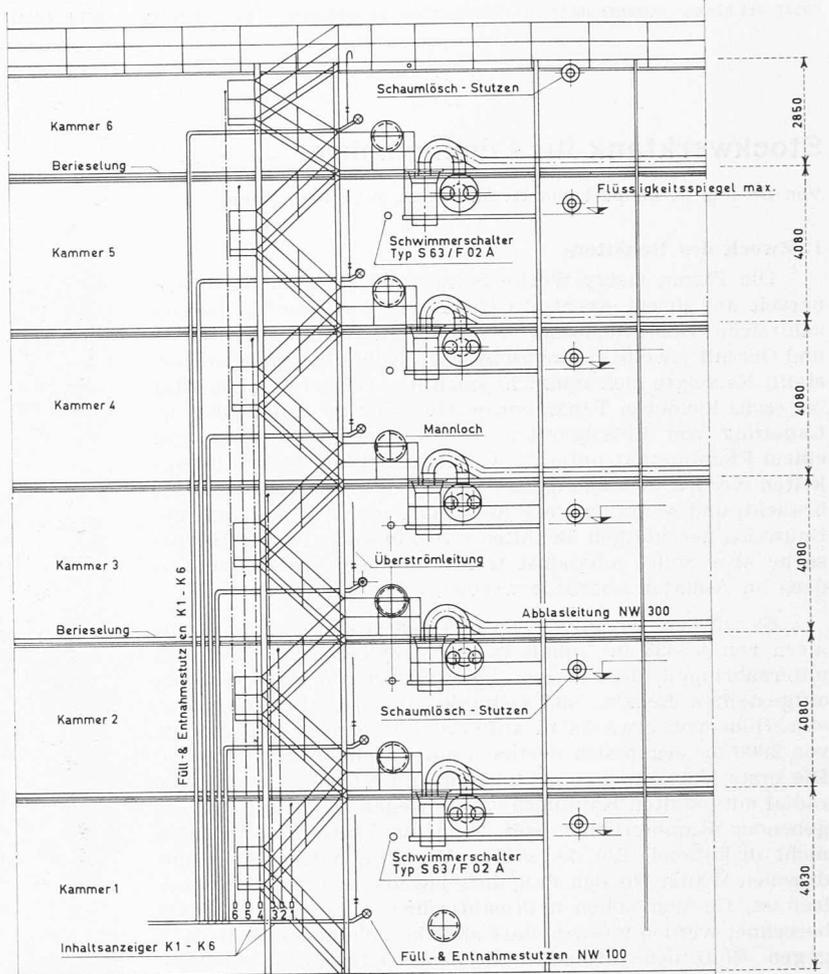


Bild 4. Übersicht der Armaturen, 1:200

unserem Fall also etwa 4 m steht, andererseits aber jede einzelne zylindrische Kammerwand vertikal durch das ganze Gewicht der darüberliegenden gefüllten Kammern belastet wird. Für die unterste Kammer und zum Teil auch für die darüberliegenden war für die Bemessung des Mantels nicht die Belastung durch den seitlichen hydrostatischen Druck massgebend, sondern diejenige durch die Vertikalbelastung.

Da Zylinderschalen, wie der Mantel des Behälters, immer gewisse, durch die Fabrikation hervorgerufene Ungenauigkeiten (Vorbeulen) aufweisen und ausserdem die Ringdeh-

nung des Mantels bei den Kugelkalotten jeweils behindert ist, hat man gegen das Ausbeulen infolge von vertikalen Lasten eine Sicherheit von 3 gewählt und ausserdem angenommen, dass in der betreffenden Kammer keine Flüssigkeit vorhanden, der jeweilige Behälter also leer sei.

Für die Bemessung der Kugelböden war die Druckbelastung infolge Ueberdruck in der darunterliegenden Kammer massgebend. Dies war auch der Grund, warum Kugelböden und nicht Kegel zur Verwendung kamen; denn Kugeln weisen bekanntlich gegenüber Aussendruck eine vielfach

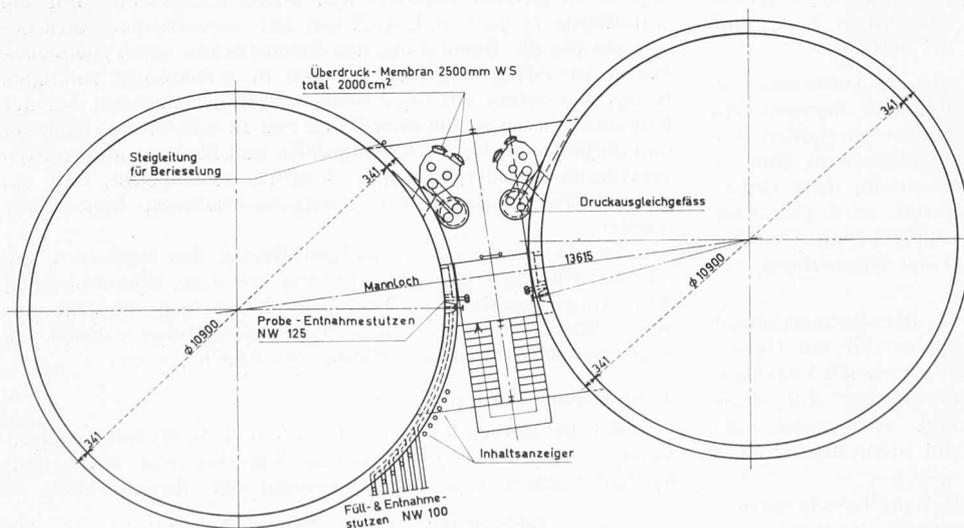


Bild 3. Grundriss und Situation 1:200

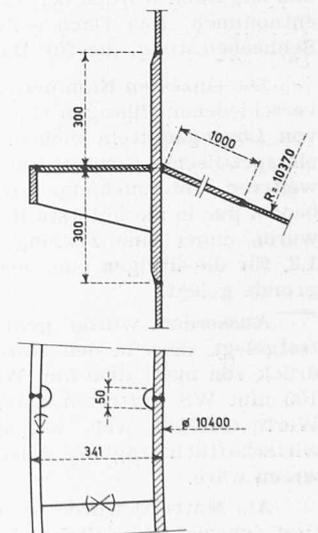


Bild 5. Ringdetail beim Kugelboden, 1:20

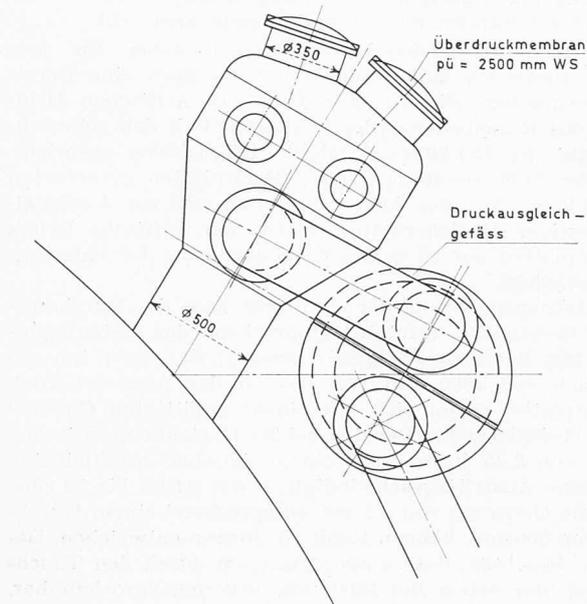
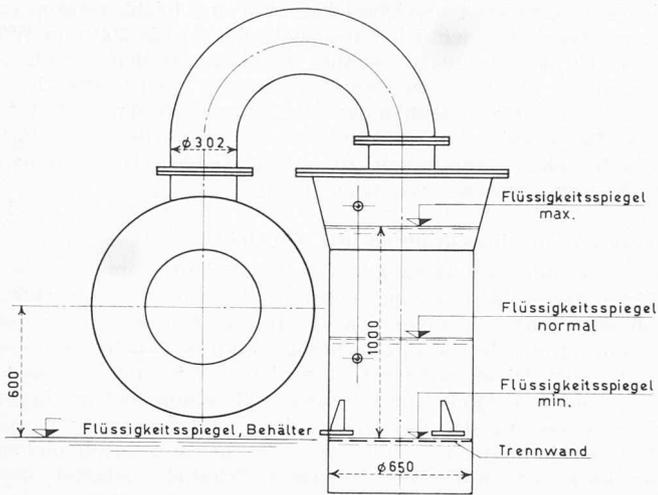


Bild 6. Druckausgleichsgefäß, Vertikalschnitt und Grundriss, 1:35

höhere Beulsicherheit auf. Es erwies sich jedoch nicht als zulässig, die einzelnen Behälter voll zu füllen, bzw. die Kugelböden ganz in die Flüssigkeiten der darunterliegenden Behälter eintauchen zu lassen, denn bei einer Kalottenhöhe von 1,5 m der einzelnen Kugelböden würden diese ausser dem gewählten Ueberdruck von 1000 mm WS, bzw. 0,1 atü eine zusätzliche maximale Druckbelastung von 0,15 atü erhalten. Die Kugelböden für diese Belastung auf Ausbeulen zu dimensionieren, wäre viel zu ungünstig gewesen.

Aus diesen Gründen schien es angezeigt, für die Berechnung anzunehmen, dass die obere Kammer leer sei, die untere einen Ueberdruck von 1000 mm WS aufweise und dass ausserdem die Kugelkalotte höchstens 300 mm tief in die Flüssigkeit eintauche.

Für die Stabilitätsberechnung der Kugelschale liess sich der Einfluss dieses Eintauchens durch eine gleichmässig über die Kalottenoberfläche verteilte Belastung, welche zum Ueberdruck von 0,1 atü hinzukam, näherungsweise berücksichtigen. Die Grösse dieser Zusatzlast wurde so ermittelt, dass die Spannungen im Scheitelpunkt bei gleichmässiger Belastung gleich gross sind wie jene bei lokaler Belastung. Im vorliegenden Fall bedeutete dies, dass die lokale Last infolge der um 300 mm eingetauchten Kugelkalotte durch eine gleichmässig verteilte Belastung von 0,0075 kg/cm² auf den ganzen Kugelboden ersetzt werden konnte. Beim ungünstigsten Betriebszustand kommt noch der innere Ueberdruck von 0,1 atü und ein Vakuum in der oberen Kammer von 0,01 atü hinzu.

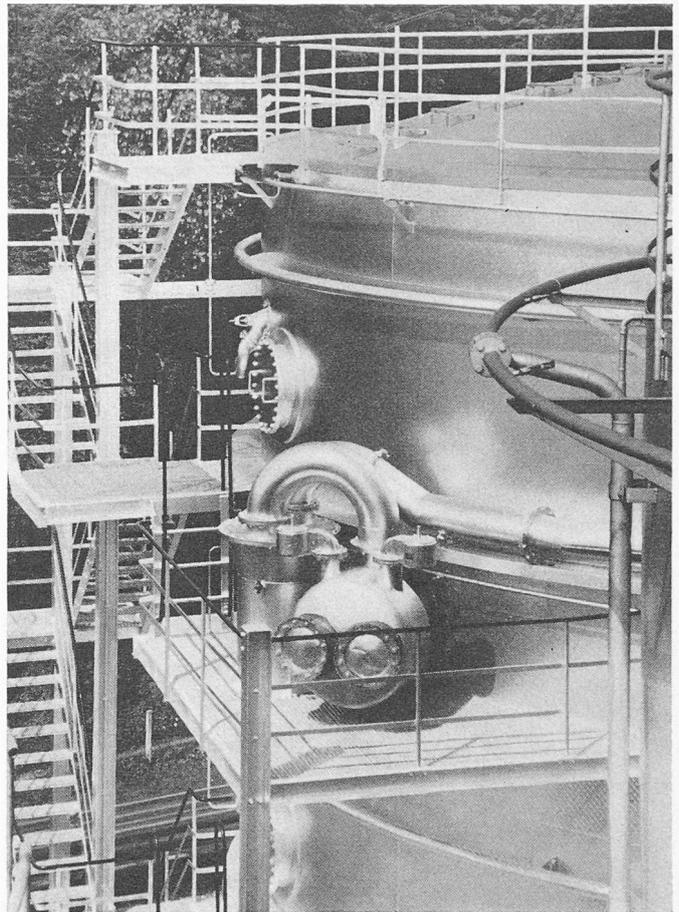


Bild 7. Druckausgleichsgefäß und Druckkammer mit Berstscheiben

Die Wandstärke des Kugelbodens wurde unter Zugrundelegung der Arbeit von Klöppel-Roos²⁾ über die Durchschlagskraft von Kugelschalen so bemessen, dass sich eine Sicherheit von 3 ergab. Dabei sind nicht berücksichtigt: die aus später gezeigten Gründen notwendige Randverstärkung, die Randeinspannung, der Abrostungszuschlag und das Vakuum. Mit Vakuum beträgt diese Sicherheit noch 2,6.

Der Kugelrand und der Bereich des Mantels, in welchem der Kugelboden befestigt ist, musste unter Berücksichtigung der hier infolge der Behinderung der Membranverformung auftretenden Momente dimensioniert werden. Der verstärkte Mantel hätte die zusätzliche Anordnung eines Versteifungsringes nicht unbedingt notwendig gemacht. Dagegen hätte der Kugelboden am Rande noch einige Millimeter dicker ausgeführt werden müssen, um den Versteifungsring überflüssig zu machen. Da diese Verstärkung jedoch das Einschweissen des Bodens in den Zylindermantel nur noch mehr kompliziert hätte, wurde davon abgesehen. Der dadurch erforderliche Ring erhöht auf jeden Fall die Sicherheit, was bei der vorliegenden Konstruktion sehr erwünscht ist. Für die Berechnung der Stabilität des Ringes unter der Annahme der vollen Horizontalkraft wurde beim Trägheitsmoment die mittragende Breite sowohl beim Mantel als auch bei der Kugel in der Grösse von $0,4 \cdot \sqrt{R \cdot s}$ (DIN 4119) berücksichtigt.

Beim untersten Mantelschuss war dagegen für die Dimensionierung die Belastung in vertikaler Richtung durch sämtliche darüberliegenden, gefüllten Behälter bei leerer unterer Kammer massgebend. Im Vergleich hierzu ist der Einfluss der Randstörungen, die durch den ebenen Behälterboden hervorgerufen werden, von geringerer Bedeutung. Oben ist der Einfluss des Kugelbodens, wie ausgeführt, durch die Mantelverstärkung bereits berücksichtigt.

Die Beulspannung der Zylinderschale unter vertikaler Druckbelastung (in Richtung der Erzeugenden) wurde mit

²⁾ «Stahlbau» 1956, Heft 3.

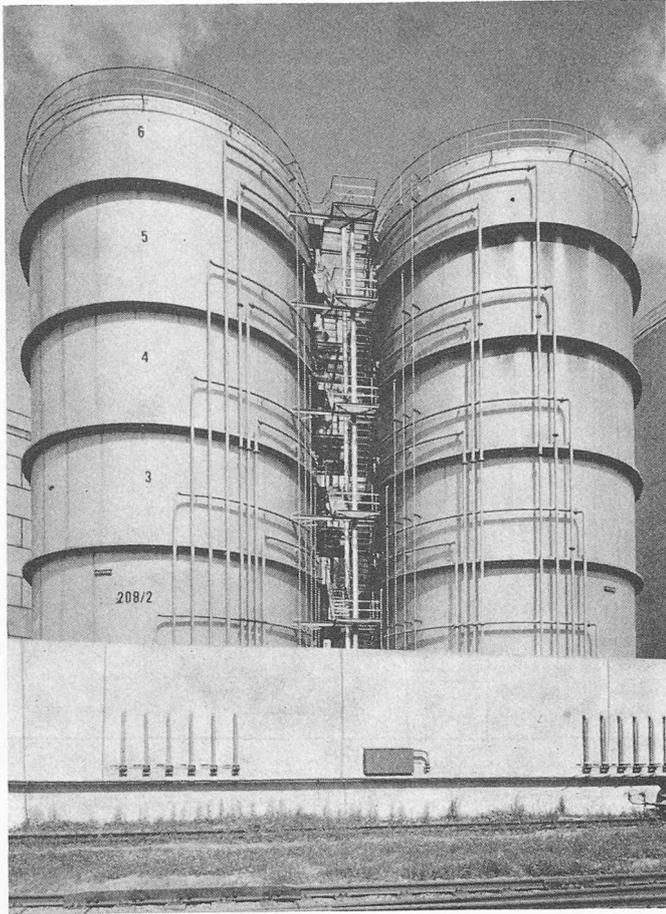


Bild 8. Ansicht der beiden Stockwerk tanks

der Formel von *Donnell* bestimmt. Die Werte, die sich nach dieser auf Grund von Versuchen empirisch entwickelten Formel ergeben, betragen nur etwa 25 % derjenigen nach der Theorie (*Flügge*); die Abminderung der Beullast infolge der unvermeidlichen Ungenauigkeiten und Vorbeulen der Zylinderschale wird also bereits berücksichtigt. Trotzdem wurde eine Mindestsicherheit von 3 gewählt.

4. Konstruktion

Abgesehen von der bereits dargestellten konstruktiven Ausbildung des Mantels und der Kugelböden weicht der Stockwerk tank hinsichtlich der Konstruktion des Daches und des untersten ebenen Bodens nicht von der für derartige Druckbehälter üblichen Bauweise ab. Die leicht verdampfenden Flüssigkeiten, zu deren Lagerung die einzelnen Kammern des Behälters dienen sollen, neigen jedoch bei Druck und Temperatur-Änderungen zu Schwadenbildungen. Um das durch ständiges Abblasen des Lösungsmittel-Luft-Gemisches entstehende Risiko und die damit verbundenen Verluste zu verringern und demzufolge die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, wurden die Behälter, wie bereits angegeben, für einen geringen Ueberdruck von 1000 mm WS dimensioniert³⁾.

Nach Artikel 417 der Carburarichtlinien müssen «Drucktanks» Ueberdruckklappen aufweisen. Diese sollen ansprechen, sobald bei schnellem Füllen oder plötzlichem starkem Temperaturanstieg ein unzulässig hoher Ueberdruck im Behälter auftritt.

Bei dem vorliegenden Stockwerk tank waren jedoch Ueberdruckklappen für die einzelnen Kammern konstruktiv nicht zu verwirklichen. Die in anderen Ländern üblichen Ueberdruckventile wurden nicht in Erwägung gezogen, weil

³⁾ Ein höherer Ueberdruck, z. B. 2000 mm WS wie sonst bei grösseren Drucktanks üblich, wäre zwar wünschenswert gewesen, hätte jedoch Kugelböden erfordert, die genau so wenig wirtschaftlich ausführbar gewesen wären, wie das volle Eintauchen der Kugelböden in die Flüssigkeit.

sie nicht genügend betriebssicher sind und leicht verstopfen oder vereisen können. Die für Druckbehälter bis 200 mm WS im Dach verlangten Reissnähte konnten bei den einzelnen Kammern des vorliegenden Drucktanks gleichfalls konstruktiv nicht vorgesehen werden, abgesehen davon hätten diese Reissnähte ohnehin nicht mit der im vorliegenden Fall erforderlichen Genauigkeit auf den kritischen Druck eingestellt, bzw. bemessen werden können.

5. Sicherheitseinrichtungen und Zubehör

Um nun aber trotz alledem den Behälter mit dem erhöhten Betriebsdruck von 1000 mm WS verwenden zu können, wurde nach Vorschlägen von Ing. *E. Schlaepfer* von der Carburar für jede Kammer ein sogenannter Tauchverschluss vorgesehen. Dieser wird mit einer nicht gefrierenden Flüssigkeit von 1 m Höhe gefüllt und soll schon bei geringer Ueberschreitung des Betriebsdruckes von 1000 mm ansprechen. Er ist jedoch, ähnlich wie die heute gebräuchlichen Druckklappen, mit einer gewissen Trägheit belastet und daher, genau wie diese, zur schadlosen Ausschaltung extremer Betriebsverhältnisse, wie z. B. plötzlichem Druckanstieg weniger gut geeignet, da er wegen seiner Massenträgheit unter Umständen nicht schnell genug anspricht.

Für den vorliegenden Behälter wurde daher für jede Kammer zusätzlich zum Tauchverschluss noch eine Berstplatte vorgesehen, die vor Erreichen des kritischen Beuldruckes des Kugelbodens (der in diesem Fall den schwächsten Punkt des Behälters darstellt) trägheitslos anspricht. Wegen der vom Hersteller dieser Berstplatten geforderten Toleranz von $\pm 5\%$ des Ansprechdruckes und zur Ausschaltung sonstiger Unsicherheiten, wurde der kritische Druck der Berstplatten auf 85 % des Einbeuldruckes der Kugelkalotten festgelegt.

Die Dimensionierung der Oeffnung, bzw. des Durchmessers der Berstplatte, erfolgte entsprechend den Ueberlegungen von Ing. *Schlaepfer* folgendermassen: Bei einem inneren Ueberdruck von 2500 mm WS, das ist der Ansprechdruck der Berstplatte, ergibt sich mit einem gesättigten Gasluftgemisch (beispielsweise Benzin) bei 20 °C, einem spezifischen Gewicht von 2,35 kg/m³ und einem Ausfluss-Koeffizienten von 0,7 eine Austrittsgeschwindigkeit von rd. 85 bis 90 m/s. Durch eine Oeffnung von 0,2 m², entsprechend einem Durchmesser von 500 mm, können somit rd. 20 m³/s entweichen. Dabei ist zu beachten, dass ausserdem auch durch den Tauchverschluss, der schon bei 1000 mm WS angesprochen hat, dauernd Gas ausströmt. Es ist somit kaum zu erwarten, dass bei Anordnung dieser beiden Ueberdrucksicherungen der Einbeuldruck der Kugelkalotten erreicht oder sogar überschritten werde.

Die Konstruktion der Ueberdrucksicherungen, d. h. des Tauchverschlusses und der Berstplatten ist aus Bild 6 ersichtlich. Da jedoch für den verlangten Sollberstdruck von 0,247 atü bei 15 °C und von etwa 0,264 atü bei 10 °C Berst-scheiben mit dem vorgesehenen Durchmesser von 500 mm nicht zu beschaffen waren, wurden zwei Berstplatten mit je 350 mm Durchmesser angeordnet. Diese bestehen aus Aluminium und sind mit einer Spezialverschlüsselung versehen, welche den Einbau einer Scheibe für einen anderen als den vorgesehenen Berstdruck verunmöglicht (Lieferant *Distillers & Co. Ltd., England*).

Zur Einhaltung des grössten zulässigen Unterdruckes von 100 mm WS sind bei jeder Kammer je 2 auf 75 mm Vakuum eingestellte Ventile, Fabrikat *Whessoe Ltd., England*, angeordnet. Ausserdem sind bei jeder Kammer noch folgende Zubehörteile vorhanden:

— 1 Schwimmerschalter «*Mobrey*» pro Kammer mit magnetischer Betätigung eines Kippschalters zum Abstellen der Füllpumpe bei Erreichen des maximal zulässigen Flüssigkeitsstandes in jeder Kammer. Gleichzeitig mit dem Alarm wird die Förderpumpe abgestellt, um eine Beschädigung der Kugelböden durch Ueberfüllung zu verhindern.

— 1 Niveaumanzeiger pro Kammer (Fabrikat *Whessoe*) mit Messung durch einen Schwimmer und Uebertragung des Niveaus durch Stahlband auf das Anzeigergerät am Tankfuss mit direkter Anzeige durch Zahlenwalzen (Rechenmaschinenprinzip).

— 1 Füll- und Entleerungsleitung pro Kammer, je mit einem Probekahn zur laufenden Kontrolle des Füllgutes und mit einem Tankabschlussventil am Eintrittsstutzen.

— 1 Entlüftungsleitung der Fülleitung zwischen Pumpstation und Tank zum Druckausgleich der Leitung mit der Kammer.

6. Ausführung

Während der Fabrikation traten keinerlei Schwierigkeiten oder Ueberraschungen auf. Sämtliche Schweissnähte wurden mit basischen Elektroden sorgfältig ausgeführt und laufend überprüft. Auch die von der Firma Geigy geplante betriebstechnische Konzeption bewährt sich einwandfrei.

Die Konstruktion, Fabrikation und Montage dieses interessanten Behälters wurden von der Firma Wartmann & Cie. AG., Brugg, ausgeführt.

In Anbetracht der ausgezeichneten Ergebnisse, die mit dieser Erstaussführung erzielt wurden, entschloss sich die Firma Geigy, direkt nebenan einen zweiten, genau gleichartigen Stockwerkstank zu erstellen.

7. Prüfungen und Abnahme

Für die Abnahme des Behälters wurden vom Schweizerischen Dampfkesselverein folgende Prüfungen verlangt:

a) *Bodenprüfung.* Diese erfolgte mit Vakuumbaube, wobei sämtliche Schweissnähte bis zum äusseren Rand geprüft wurden. Dazu musste diese Prüfung durchgeführt werden, bevor die untersten Mantelschüsse am Boden angeschweisst waren.

b) *Standprobe.* Nach Fertigstellung des Behälters wurde eine Standprobe mit Wasser durchgeführt, mit Abklopfen der Mantelnähte von aussen. Alle Kammern wurden zu diesem Zwecke ganz mit Wasser gefüllt. Das Füllen der einzelnen Kammern musste aber selbstverständlich von oben nach unten erfolgen, um einen über das zulässige Mass hinausgehenden Aussendruck auf die Kugelböden zu vermeiden.

c) *Prüfen der einzelnen Kammern.* Im Anschluss an die Standprobe wurden die verschiedenen Kammern soweit entleert, dass jeweils der Kugelboden derjenigen Kammer nicht mehr in die Flüssigkeit eintauchte, deren Kugelboden geprüft werden sollte. Dann wurde die obere Kammer vollständig entleert und der Boden selbst durch Abseifen bei einem Ueberdruck von 200 mm WS in der darunterliegenden Kammer geprüft. Dies bedeutete also, dass die einzelnen Kammern in der Reihenfolge von oben nach unten entleert und geprüft werden mussten unter vorheriger teilweiser Entleerung aller Kammern, um auch hier wieder eine Ueberlastung der Kugelböden zu verhindern.

Ideenwettbewerb für eine Gesamtüberbauung des Sternenfeldes in Birsfelden

DK 711.4

Aus dem Wettbewerbsprogramm

Um eine sinnvolle Ueberbauung des Sternenfeld-Areals herbeizuführen, schreibt die Gemeinde Birsfelden einen öffentlichen Ideenwettbewerb zur Erlangung von Ueberbauungsentwürfen aus. Das Areal ist teilweise im Eigentum der Einwohnergemeinde Basel (Abschnitt A) und teilweise im Eigentum der privaten Gesellschaft DEVO AG. (Abschnitt B). Die spätere Verwirklichung der Ueberbauung erfolgt auf privater Basis.

Umschreibung der Aufgabe

a) Für die Abschnitte A und B haben die Teilnehmer einen Ueberbauungs-, Erschliessungs- und Umlegungsvorschlag zu machen.

b) Vom Areal der Einwohnergemeinde Basel (Abschnitt A) ist an geeigneter Lage ein Schulareal von 10 000 Quadratmeter auszuscheiden. Auf diesem Areal ist im Ueberbauungsplan eine Schulanlage zu disponieren (10 Klassen, Nebenräume, Turnhalle, Turn- und Pausenplatz). Zu dieser



Luftaufnahme des Sternenfeldes in Birsfelden, Oben links das Kraftwerk, Weiss umrandet das Wettbewerbsgebiet, Phot. Balair