

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 74 (1956)  
**Heft:** 24: Zweites Stahlbau-Sonderheft

**Artikel:** Konstruktion und Montage von Grossbehältern und Silos  
**Autor:** Stocker, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-62654>

### **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:** 05.02.2025

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

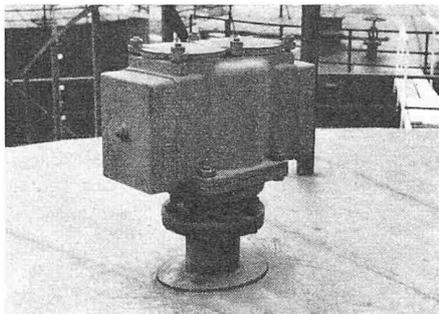


Bild 1. Vakuump-Druckventil bisheriger Bauart

Bild 2 (rechts). Abnahmeversuch einer Ueberdruckklappe System JMM (Patent angemeldet) zu einem Drucktank von 340 m<sup>3</sup>

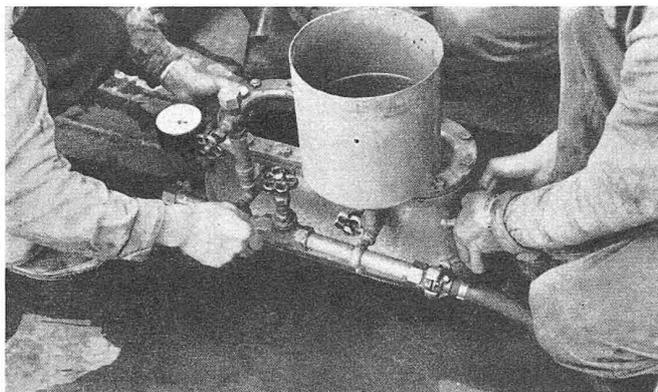
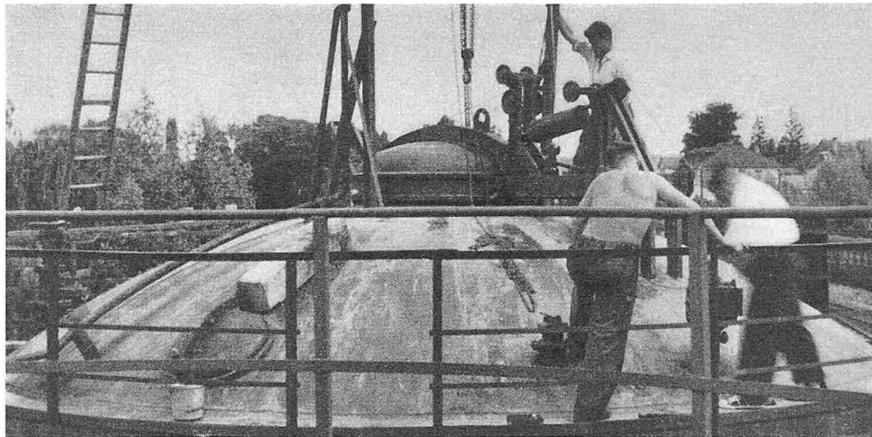


Bild 3. Prüfung der Bodenschweissnähte mit der Vakuump-Haube

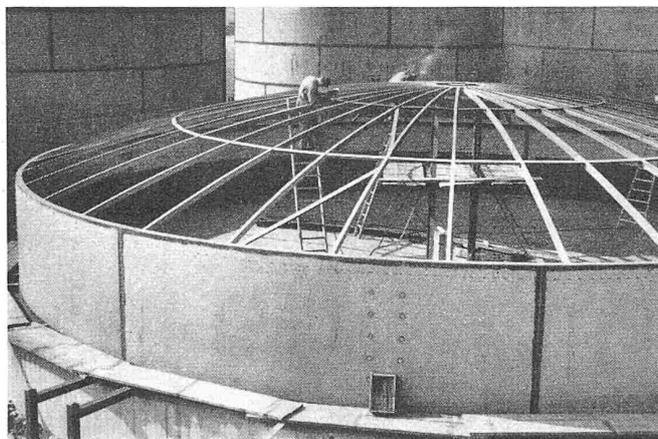
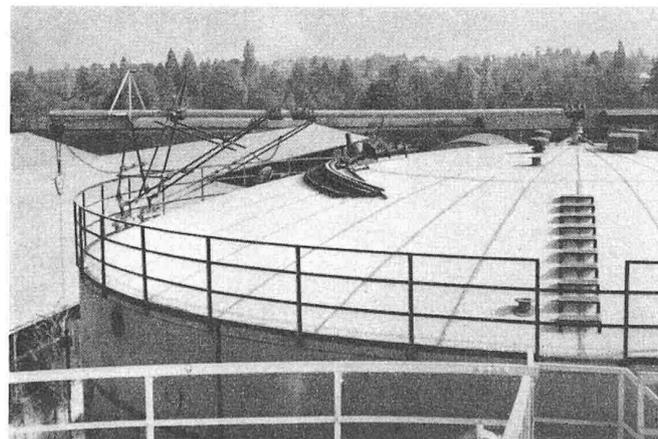
Bild 4. Arbeit an der Dachkuppel zu einem 5000-m<sup>3</sup>-Stehantank

Bild 5. Dachkran zum Einbringen der Mantelblech-Schüsse

## Konstruktion und Montage von Gross-Behältern und Silos

DK 624.953

Von P. Stocker in Firma AG. Josef Meyer, Eisen- und Waggonbau, Möhlin

Zu den für den Fachmann technisch interessantesten und für den Laien imposantesten Werken des Stahlbaus gehören zweifellos die Grossbehälter, genannt Stehtanks, zur Lagerung von Flüssigkeiten aller Art, vorwiegend jedoch für Mineralölprodukte. Zu dieser Gruppe zählen auch die Behälter oder Silos, zur Einlagerung von Schüttgütern, vor allem Zement, Kalkstaub, Tonpulver und Getreide.

### Stehantanks

Bei der Projektierung von Stehtankanlagen ist zu allererst das vorhandene Grundstück massgebend, welches für einen bestimmten Lagerraum den grösstmöglichen Durchmesser festlegt, sowie oft auch die Belastbarkeit des Baugrundes, welche die maximale Bauhöhe bestimmt. Für zylindrische Stehtanks dürfte heute mit 12 000 m<sup>3</sup> Fassungsraum bei einem Durchmesser von rd. 25 m und einer Höhe von rd. 24 m die wirtschaftliche Grenze erreicht sein. Von dieser Grösse an kommen Behälter mit sphärischen Formen billiger zu stehen.

Bezüglich der aufzuwendenden Blechoberfläche wäre beim zylindrischen Tank das Verhältnis Durchmesser : Höhe = 1:1 am günstigsten. Doch haben eingehende Vergleichsrechnungen unter Einbezug der Gewichte des Dachgesperres und des Bodens gezeigt, dass bei einem Verhältnis Durchmesser : Höhe  $\approx$  1:1,3 die geringsten Blechtonnagen verbaut werden müssen und sich gefälliger Tankformen ergeben. Bei der Bemessung der Dachkuppel ist auf das Eigengewicht, die allfällige Schneelast, das beim Abziehen des Füllgutes mittels Pumpen oder das nach einem Brand oder einer Explosion entstehende Vakuum Rücksicht zu nehmen. Der heute allgemein angenommene Unterdruck von max. 100 mm WS ist bei gleichzeitiger Einwirkung der Schneelast eher als knapp anzusehen, da die bisher verwendeten Belüftungsventile, vor allem wegen der Beschränkung auf 1 bis 2 Stück, den Druckausgleich nicht ohne weiteres innert nützlicher Frist bewerkstelligen können (Bild 1). Welche Gewalt ein unfreiwillig auftretender Unterdruck ausüben kann, zeigt folgendes Vorkommnis: Nach erfolgter Wasserstandprobe an einem Säuretank in einer chemischen Fabrik wurde von Werkangehörigen vergessen, beim Ablassen des Wassers die Belüftungseinrichtung auf dem Dach in Betrieb zu nehmen. Nachdem das Wasser zum Teil abgelassen und damit der Druck im Behälter entsprechend abgesunken war, drückte der äussere Luftdruck das Tankdach ein und dieses musste nachher mittels Turmkranmontage neu aufgesetzt werden.

Der Mantel ist auf den Standdruck der einzulagernden Flüssigkeit zu dimensionieren und die zulässigen Spannungen bei Berücksichtigung sämtlicher Zusatzbelastungen (wir denken bei Drucktanks vor allem an den Gasüberdruck von min. 2000 mm WS) dürfen nicht überschritten werden. Bei gewöhnlichen Stehtanks wurden früher innere Ueberdrucke von rd. 200 mm WS durch entsprechende Einstellung der Vakuum-Ueberdruckventile vorgesehen, welche bei leicht-

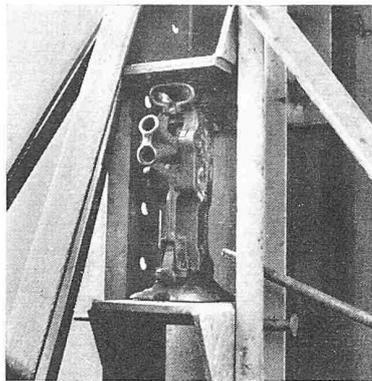


Bild 7. Handhebewinde im Hubbock

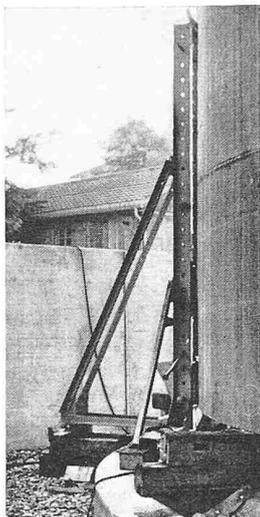


Bild 6 (rechts). Hubbock für Handhebewinde

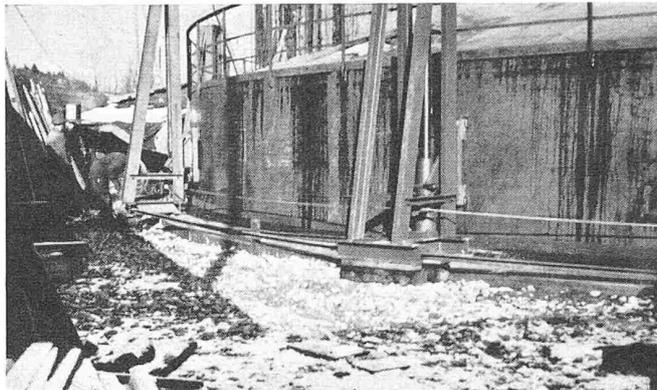


Bild 8. Elektro-mechanisch betriebene Seilwindeböcke

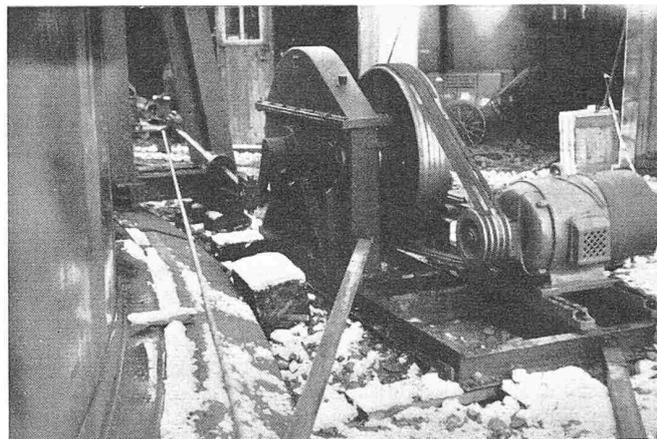


Bild 9. Antriebsaggregat der Vorrichtung Bild 8

flüchtigen Mineralölprodukten, z. B. Benzin, zu Verdunstungsverlusten in der Grösse von rd. 0,05 % des Tankinhaltes pro Jahr führte. Für einen Tank der Grössenordnung 5000 m<sup>3</sup> konnte somit dieser Benzinverlust 1,875 Tonnen betragen! Durch den Einbau von sog. Ueberdruckklappen kann einerseits der Betriebsdruck wie vorerwähnt höher gelegt werden, andererseits werden bei schädlichen Ueberdrücken, vor allem nach Bränden oder Explosionen, wesentlich grössere Abblasequerschnitte freigegeben (Bild 2).

Besondere Beachtung erfordert die konstruktive Ausbildung des Anschlusses zwischen Mantel und Boden, da durch die dortige Störung des Membranspannungszustandes der Mantelbleche erhebliche Biegemomente von der Tankwand in den Boden eingeleitet werden müssen. Diese Biegespannungen können bei grösseren Drucktanks, welche bei einem bestimmten minimalen Flüssigkeitsstand den ebenen Tankboden durch den Gasüberdruck zu verwölben suchen, derartige Ausmasse annehmen, dass es sich empfiehlt, den Fussring im Betonfundament zu verankern. Das Fundament wird dann vorteilhaft nicht mehr, wie bei gewöhnlichen Stehtanks üblich, als Betonringfundament mit inliegendem Schotterbett, Kies- und Sandauflage, schliesslich darüber gewalzter Makadamschicht, sondern als biegesteife Betonplatte ausgebildet, welche in der Lage ist, die Randzugkräfte zu übernehmen.

Neben den vorhin erwähnten, gegeneinander sorgfältig abzuwägenden Gesichtspunkten für die Berechnung und Konstruktion von Stehtankanlagen spielt selbstverständlich die sorgfältige Werkstattarbeit für die anschliessende Montage eine ausschlaggebende Rolle, müssen doch die im Werk des Erstellers aufs Mass zugeschnittenen und gebogenen Bleche und Profile auf dem Montageplatz auf den Millimeter genau zusammengestellt und verschweisst werden.

Am Aufstellungsort wird zuerst der Boden verlegt. Beim Verschweissen der Bodenstumpfnähte empfiehlt es sich, die Bleche leicht anzuheben, damit diese nach der Schweissnahtschrumpfung eben aufliegen. Nach diesen Arbeiten werden sämtliche Bodenschweissnähte mittels der Vakuumhaube auf Undichtheiten und poröse Stellen geprüft, alles Fehler, welche sich durch Aufsteigen von Luftblasen anzeigen (Bild 3).

Nach der Fertigung des Bodens wird die Dachkuppel zusammengestellt und verschweisst (Bild 4). Spezielle Dachkrane (Bild 5) erleichtern das Einbringen der einzelnen Mantelschussbleche und Handhebewinden (Bilder 6 und 7) für kleinere Tanks bis etwa 1000 m<sup>3</sup> oder seilgetriebene Hebebocke für grössere Einheiten, neuerdings auch Hubböcke mit Einzelantrieb über polumschaltbare Motorgetriebe mit Langsamgang aufwärts und Schnellgang abwärts (Bilder 8 und 9) erlauben das rationelle Heben des Bauwerks jeweils um Schusshöhe, nachdem sämtliche Mantel-Steh- und Rundnähte geschweisst wurden.

Nach dem Schweissen der Behälterschale werden die Zubehörteile wie Aufstiegstreppe (Bild 10), Brandberieselungseinrichtung (Bild 12), Winde für Bedienung der inneren Gelenkleitung und Notverschlussantriebe auf dem Dach, gasdichte Seildurchführung der Schwimmerstandanzeiger (Bild 11) und Mannlöcher montiert.

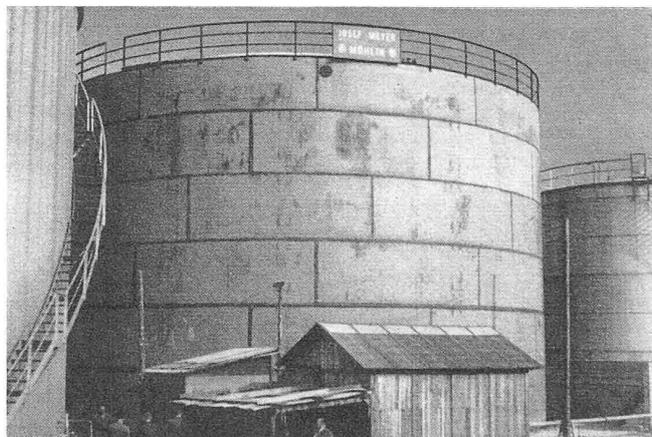


Bild 10. Heizölstehtank von 3960 m<sup>3</sup>

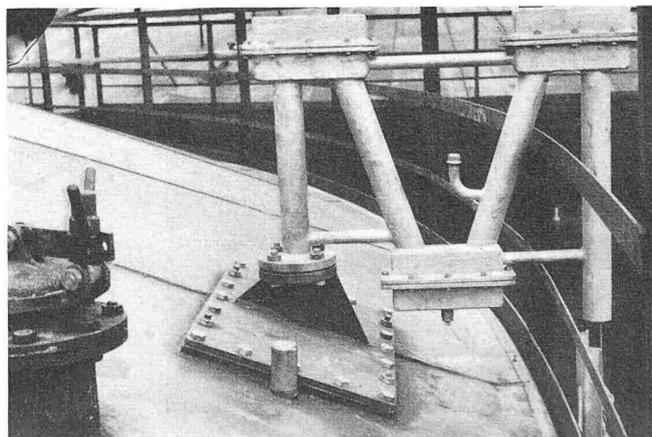


Bild 11. Gasdichte Seildurchführung für Schwimmerstandanzeiger am Tankdachrand

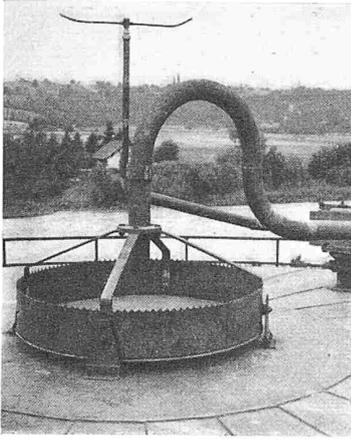


Bild 12 (links). Brandberieselungseinrichtung mit Sommerberieselung auf dem Tankdach

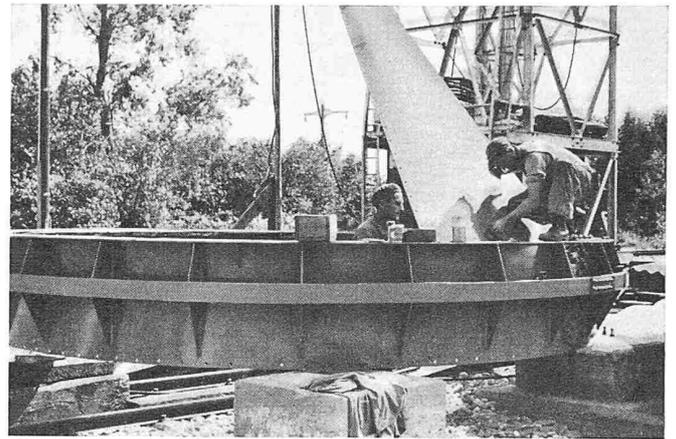


Bild 13 (rechts). Montage des Silo-Druckringes mit dem Konus am Boden

Vor der Uebergabe des Bauwerkes an den Bauherrn erfolgt die Wasserstandprobe zur Kontrolle der Mantelschweissnähte mittels Abhämmern der Schweissläufe von der Montagegondel aus und zum Schluss das Abseifen der Dachblechnähte unter einem Luftüberdruck von 200 bis 300 mm WS bei gewöhnlichen Stehtanks.

### Silos

Bei der Projektierung von Siloanlagen spielen die örtlichen Gegebenheiten, vor allem auf Gebirgsbaustellen, für die Wahl der Bauform eine ausschlaggebende Rolle, nicht zuletzt aber auch die Art des Umschlages, sei es mechanisch, pneumatisch oder mittels Schwerkraft. Spezielle Messungen an ausgeführten Siloanlagen haben erwiesen, dass die bisherigen Berechnungsgrundlagen über das spezifische Gewicht, den inneren Reibungswinkel und den Wandreibungswinkel in Funktion der Ueberlagerungshöhe nicht ohne weiteres zutreffen. Für die Bemessung der Wandstärke speziell bei Gross-Silos über etwa 1000 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen ist daher dem Umstand Rechnung zu tragen, dass das spezifische Gewicht nicht konstant bleibt, sondern ganz wesentlich mit der Ueberlagerungshöhe zunimmt. Der innere Reibungswinkel und damit der Wandreibungswinkel nimmt mit der Ueberlagerungshöhe ebenfalls zu, so dass der Seiten- und Bodendruck nach der Erddruckformel durch diesen Einfluss abgemindert wird. Sehr

wichtig ist jedoch der Umstand, dass für die betriebssichere Entleerung derart grosser Silos pneumatische Belüftung oder mechanische Vibration zur Vermeidung von Brückenbildungen vorgesehen werden müssen, so dass das Schüttgut in einen flüssigkeitsähnlichen Fliesszustand gelangt, was wiederum bewirkt, dass die tragenden Wände nicht ohne weiteres nach der Erddruckformel, sondern eher nach der Formel für den entsprechenden hydrostatischen Druck berechnet werden sollten.

Soll der Silo von Fahrzeugen unterfahren werden, um mit dem immer noch billigsten Verfahren der Schwerkraftentleerung entladen zu werden, so ist er auf Stützen abzustellen. Bei mittelgrossen Silos bis etwa 500 m<sup>3</sup> wird man mit 4 bis 6 Stützen aus Symmetriegründen und um das Unterfahren mit Strassen- oder Schienenfahrzeugen sicherzustellen, auskommen. Stützenkonstruktionen verlangen kräftige und teure Druckringe am Uebergang vom Konus zum Zylinder, da dort ausser dem Auflagedruck erhebliche Biegemomente und Horizontaldruckkräfte aufzunehmen sind.

Die folgenden Bilder zeigen Ausschnitte aus der Werkstattfertigung und Montage von Zementsilos von 150 m<sup>3</sup> Fassungsvermögen. In der Werkstatt werden die gebogenen Blechschüsse und Druckringteile zusammengestellt und verböhrt, damit die Kunstgummidichtungen an den Stosstellen einwandfrei dichten. Silos auf Stützen können nur mit Derrick- oder Turmkranen montiert werden. Zuerst werden die Stützen auf die im voraus eingegossenen Ankerfussplatten



Bild 14. Anlage zu 4 Zementsilos für je 150 m<sup>3</sup> für den Umschlag von Schmalspur-Eisenbahnwagen in Strassen-Silo-Fahrzeuge

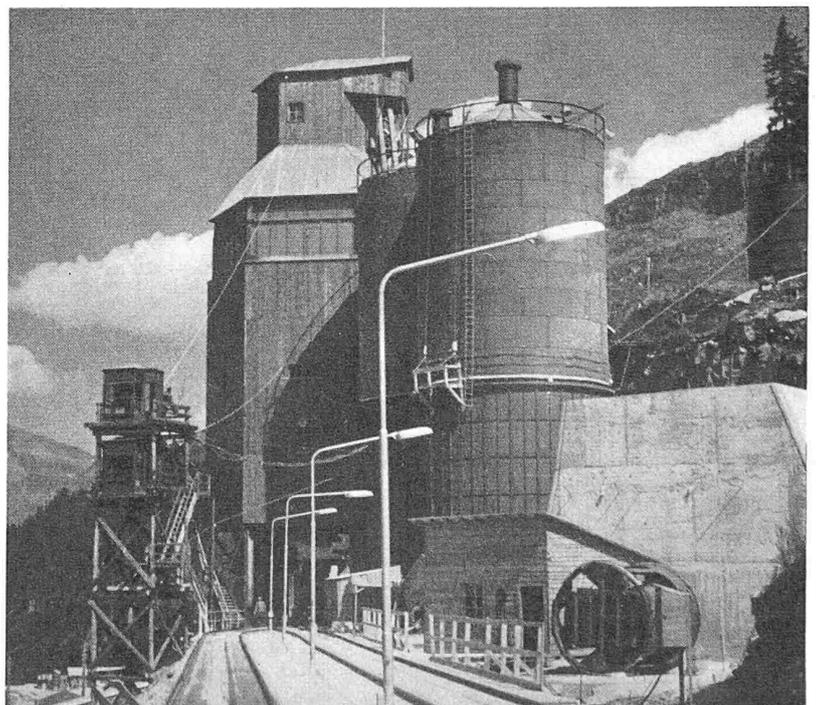


Bild 15. Zementsilo-Anlage auf einer Gebirgsbaustelle zu 2 x 1000 m<sup>3</sup>; dahinter der Betonturm

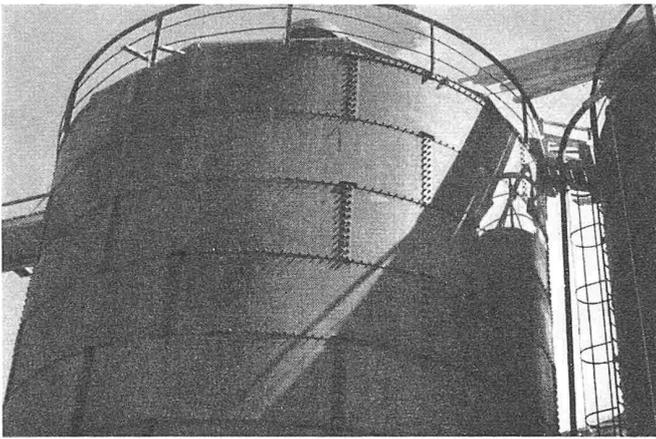


Bild 16 (links). Details der geschraubten Stösse zu einem 1000-m<sup>3</sup>-Silo

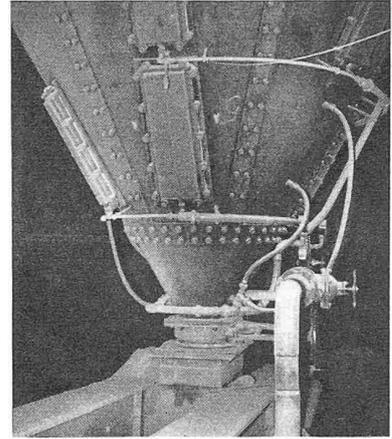


Bild 17 (rechts). Belüftungseinrichtung, Absperrschieber und Redler-Kasten am Silo-Konus, innerhalb des Blechringträgers

aufgesetzt. Dann wird der Konus mit dem Druckring am Boden zusammengestellt und die Schrauben mit dem pneumatischen Schlaghammer festgezogen (Bild 13). Nach dem Aufsetzen des Druckringes mit dem Konus auf die Stützen erfolgt der schussweise Aufbau des Zylinders und schliesslich des Daches. Bild 14 zeigt eine Anlage von vier Silos zu 150 m<sup>3</sup> für den Belad von Strassen-Silo-Wagen; ähnliche Anlagen bestehen für das Abfüllen in Schmalspur-Silo-Wagen.

Um bei grossen Silos eine kontinuierliche Abstützung des Druckringes zu erhalten, kann man, falls der Silo nicht unterfahren wird, Blechringträger verwenden, welche gleichzeitig als Aussteifung der Stützen und als Wetterschutz für die Bedienungsmannschaft dienen (Bild 15). Bild 16 zeigt die Ausführung der gummigedichteten Vertikal-Doppelverlaschungen und die horizontalen einschnittigen Schuss-Ueberlappungen, welche das Regen- und Schneewasser gut abrinnen

lassen. Zuerst ist das Schutzgeländer und der Abluftfilter für die Austragung der mit der pneumatischen Beschickung eingetragenen Förderluft ersichtlich. Innerhalb des Blechringträgers sind der Bedienungsstand für die pneumatische Belüftung des Silokonus, der Hauptabsperrschieber und die Redler-Förderer, welche den Zement von den beiden Zementsilos zu 1000 m<sup>3</sup> zum danebenstehenden Betonturm bringen (Bild 17).

Die Hauptverwendungsgebiete für Stehtanks und Silos sind bis heute Mineralölprodukte und Zement. Mit der vorwärtigen Tendenz, grosse Lager anzulegen, um günstige Einkaufsmöglichkeiten auszunutzen, wird sich auch für andere Güter diese Lagerart mehr und mehr durchsetzen, da der stählerne Behälter für Flüssigkeiten die beste Gewähr für Dichtheit gibt und für Schüttgüter die Demontierbarkeit der Silos in vielen Fällen vorangeht.

## Bahnbrücke über die Maggia bei Ponte Brolla

DK 624.32:625.1

Von Roland Guyer, Ober-Ingenieur für Stahlhoch- und Brückenbau in der Firma Buss AG., Pratteln

Bei einem ausserordentlichen Hochwasser im Tessin, das auch sonst viele grosse Schäden anrichtete, stieg der Wasserspiegel der Maggia bei Ponte Brolla um 17 bis 18 m, so dass die dortige Brücke der Bahn Locarno—Bignasco weggerissen wurde und etwa 150 m weiter unten vollständig zerstört im Flussbett liegen blieb. Damit war der Bahnverkehr nach dem Maggiateal unterbrochen.

Die Brückenbauabteilung des Kreises II der SBB stellte eine Notbrücke zur Verfügung und besorgte auch innert kürzester Frist deren Einbau. Diese vorbereiteten Notbrücken bestehen aus zwei Blechträgern mit den nötigen Verbänden. Da die Spannweite von 56,2 m zu gross gewesen wäre, musste ein Holzpfeiler mit Schutzsporn erstellt werden, für welchen das Ingenieurbureau Krüsi in Lugano das Projekt ausarbeitete. In der Mitte der Brückenöffnung befindet sich eine tiefe Erosionsrinne, weshalb dieser Holzpfeiler in rd. 20 m Abstand vom Widerlager Seite Locarno auf einen Felsvorsprung gesetzt wurde. Sein Fuss lag bei normaler Wasserführung der Maggia hoch über dem Fluss, befand sich aber immer noch im Bereich der Hochwasser. Der Pfeiler ist dann auch während der Dauer seines Bestehens ein paar Mal bis weit hinauf umspült worden, hat aber standgehalten. Die Errichtung dieses hölzernen Hilfspfeilers erlaubte zugleich die Montage der Notbrücke auf verhältnismässig einfache Weise durch Vorschieben.

Das Haupttragssystem der alten Brücke war ein Fachwerkträger mit Fahrbahn oben gewesen. Nach den gemachten Erfahrungen kam für den Ersatz nur eine Konstruktion mit möglichst geringer Bauhöhe unter dem Gleis in Frage. Zwischenpfeiler für das endgültige Bauwerk waren selbstverständlich nicht zugelassen. Unter diesen Umständen kam nur eine Konstruktion mit über die Fahrbahn ragenden Hauptträgern in Betracht.

Die Bahnverwaltung, beraten durch den Sektionschef für Brückenbau bei den SBB, Kreis II, und unter Mitwirkung des Eidg. Amtes für Verkehr, lud eine Reihe von Firmen zur Einreichung von Vorschlägen ein.

Zunächst stand ein Zweigelenkbogen mit Zugband im Vordergrund, der preislich günstig lag und der Bahnverwaltung aus ästhetischen Gründen zusagte. Das Amt für Verkehr wünschte aber eine möglichst steife Lösung, weshalb eine Lösung mit Halbparabel-Fachwerkträgern, die nur wenige Prozent teurer war als der Bogen, weiter verfolgt wurde. Die Felderzahl wurde von 10 auf 8 herabgesetzt. Das Stahlgewicht blieb sich praktisch gleich, während das Aussehen gewann. Zudem war es nun möglich, den ersten Pfosten so hoch zu ziehen, dass man einen oberen Querriegel anordnen und so ein geschlossenes Windportal schaffen konnte. Diese Massnahme ergab (zusammen mit dem oberen Windverband) eine

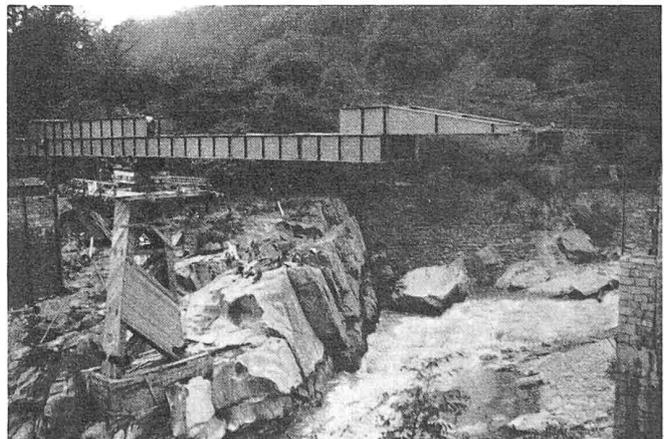


Bild 1. Montage der Notbrücke. Der Schnabel und die Aufdoppelung der Hauptträger sind lediglich während des Vorschiebens erforderlich. Der fertig verschaltete Pfeiler und der hier noch nicht erstellte Holzsporn auf der Oberwasserseite sind aus Bild 7 ersichtlich