Bau von Grossbehältern in Richards Bay Südafrika

Autor(en): **Kühne, Heinz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **103 (1985)**

Heft 6

PDF erstellt am: **28.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75719

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bau von Grossbehältern in Richards Bay Südafrika

Von Heinz Kühne, Zürich

Der vorliegende Beitrag beschreibt einige ausgewählte Probleme und Aspekte beim Bau von Grossbehältern aus Beton für Tonerde und Koks in Richards Bay, Südafrika, aus der Sicht des projektierenden und bauleitenden Ingenieurs. Diese Silos sind Teil der Umschlags- und Lagerinstallationen, welche im Zusammenhang mit der Erweiterung einer bestehenden Aluminiumhütte realisiert wurden.

Grund des Bauvorhabens

In den Jahren 1981 bis 1983 wurde die jährliche *Kapazität* der Aluminiumhütte der *Alusaf* in Richards Bay von etwa 85 000 t/a auf etwa 170 000 t/a erweitert. Zu diesem Zweck wurden stillgelegte Ofenhallen in Japan übernommen, demontiert, überholt, nach Südafrika verschifft und komplett wieder aufgebaut. Die zwei neuen Ofenhallen wurden 1983 in Betrieb genommen.

Im Zuge dieser Erweiterung wurden *Umschlags- und Lagereinrichtungen* für Tonerde und Petrolkoks mit Grossbehältern aus Beton erstellt. Die erste Phase wurde Ende 1980 fertiggestellt, die zweite Phase Anfang 1983. Seit Inbetriebnahme wurden Kontrollmessungen an den Silos durchgeführt, welche eine Überprüfung der Bemessungsannahmen erlaubten.

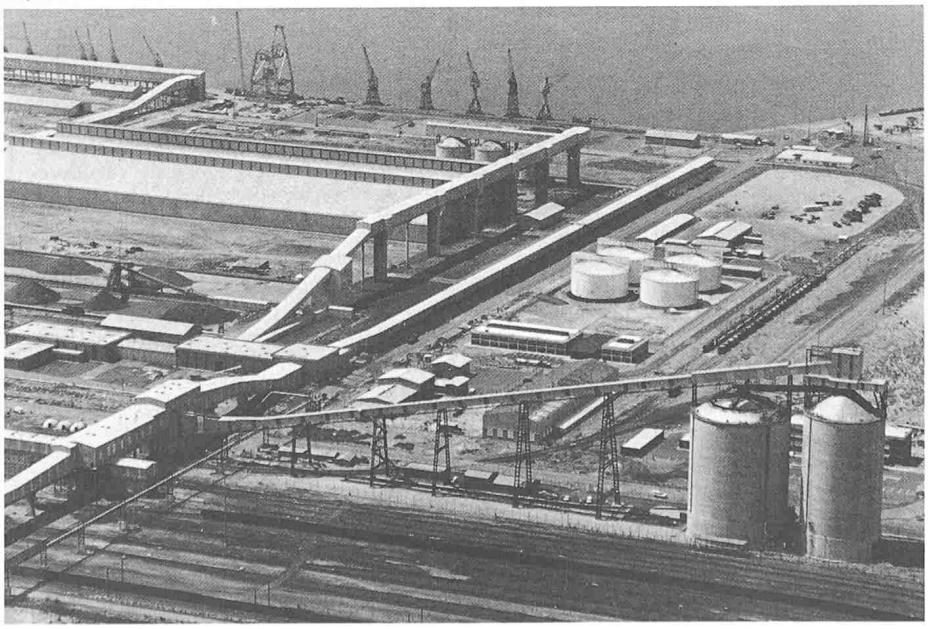
Der Bauherr war *Alusaf (Pty) Ltd.*, die Projektierung und Bauleitung erfolgte durch *Alesa Alusuisse Engineering AG*, Zürich, unter Zuzug von lokalen Ingenieurbüros.

Der Hafen von Richards Bay

Die Materialumschlagsanlagen im Hafen von Richards Bay umfassen das Import- und Export-System der SATS (South African Transport Services) sowie den Coal Terminal. Das *Import-System* für Schüttgüter hat eine Kapazität von 1250 t/h. Es werden hauptsächlich Schwefel, Pottasche, Tonerde, Petrolkoks usw. umgeschlagen. Das *Export-System* für Schüttgüter mit Ausnahme von Kohle hat eine Design-Kapazität von 2500 t/h, wobei im Durchschnitt etwa 1000 t/h erreicht werden. Es werden hauptsächlich Eisenerz, Titanium Schlacke, Phosphat usw. umgeschlagen.

Über den *Coal Terminal* werden etwa 22 Mio Tonnen Kohle pro Jahr aus dem Landesinnern exportiert. Eine Erweiterung auf 44 Mio t/a ist geplant. Einfahrende Kohlezüge werden mittels Vorrichtungen, welche jeweils zwei Wagen in 90 Sekunden kippen, entleert, was eine Leistung von 4600 t/h ergibt. Kohleschiffe werden mit zwei Schiffsbeladern mit einer maximalen Ladegeschwindigkeit von 13 000 t/h beladen. Bei einer grossen Zahl von Schiffen kann diese Leistung nicht erreicht werden, da der Vorgang der Ballastverringerung massgebend wird.

Bild 1. Übersicht über die Materialumschlags- und Lagereinrichtungen (Phase 1) sowie einen Teil des Hafens von Richards Bay



Gesamtanlage für Umschlag und Lagerung von Tonerde und Koks

Die Gesamtanlage der Alusaf für den Umschlag und die Lagerung von Tonerde und Koks im Hafen von Richards Bay umfasst im wesentlichen folgende Komponenten:

- Eine *Transfer-Station* vom SATS-Import-System auf das Alusaf-System.
- Ein *Förderband* auf einer geschlossenen Brückenkonstruktion von etwa 300 m Länge von der Transferstation bis auf die Silodächer auf etwa 70 m Höhe mit einer Steigung von 12,3°. Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse und zulässigen Belastungen auf den Silodächern wurde der Antrieb des Förderbandes am Bandende angeordnet. Die besonderen Aspekte der Auslegung dieses Antriebes sind nicht Gegenstand dieser Publikation.
- Pneumatische *Beschickungsanlagen* für Tonerde und mechanische für Koks inklusive der erforderlichen Entstaubungssysteme.
- Zwei *35 000-t-Tonerdesilos* und ein *18 000-t-Kokssilo* aus Beton auf etwa 10 m hohen Unterkonstruktionen, welche zur Aufnahme der Siloauszugsvorrichtungen und Beladeanlagen für Eisenbahnwagen sowie der übrigen elektro-mechanischen Installationen dienen. Die Tonerdesilos haben einen Durchmesser von 35,9 m, der Kokssilo 28,6 m. Die entsprechenden Höhen betragen 52 m bzw. 60 m. Die Gesamthöhe inklusive Aufbauten beträgt 70 m.
- Pneumatische *Siloauszugs- und Umschlagsanlagen* für Tonerde und mechanische für Koks inklusive der erforderlichen Entstaubungssysteme.
- Eine *Eisenbahnlinie* von rund 4 km Länge bis zu den Produktionsbetrieben inklusive Rangierinstallationen.
- Die notwendige *Infrastruktur* wie Hochspannungsanlagen, Transformatorenstation, Wasserversorgung, Strassen, Werkstätten, Bürogebäude usw.

Über das Import-System und die Beschickungsanlagen kann entweder Tonerde oder Koks gefördert werden. Die Kapazität der Systeme beträgt 1250 t/h.

Das Betriebskonzept der Siloauszugsanlagen sieht vor, dass Tonerde und Koks gleichzeitig entnommen und Transportzüge abgefertigt werden können. Die Kapazität der Systeme beträgt 300 t/h für Tonerde und 200 t/h für Koks.

Die erste Phase, umfassend die Förder- und Umschlagsanlagen sowie je einen Tonerde- und Kokssilo, wurde in den Jahren 1979/80 realisiert (Bild 1). Die gesamte Bauzeit dieser ersten Phase betrug 17 Monate. Der zweite Tonerdesilo wurde im Zuge der Expansion der Aluminiumhütte Anfang 1983 fertiggestellt.

Baugrundverhältnisse

Das gesamte Hafenareal wurde einige Jahre vor Baubeginn durch *Auffüllung der Lagune mit Meersand* gewonnen. Der Sand wurde gepumpt und in einer Schicht von 2 bis 4 m Stärke direkt auf die Lagunenablagerungen plaziert. Diese Sedimente bestehen hauptsächlich aus losen Sanden, Silten und unregelmässigen Taschen von organischen Materialien. Die gesamte Stärke dieser Schichten variiert zwischen 8 und 12 m. Darunter befinden sich tonige Silte, welche von einer verwitterten Schicht von 1 bis 4 m Stärke überlagert werden. Diese sind in unregelmässiger Häufigkeit von dünnen zementierten Schichten durchsetzt. Die *Tragfähigkeit* variiert deshalb stark. Der *Grundwasserspiegel* befindet sich 1 bis 1,5 m unterhalb des Planums. Die primären Setzungen infolge der Sandüberlagerung konnten bei Baubeginn als abgeklungen angenommen werden. Es musste aber mit grösseren sekundären Setzungen infolge neuer Auflasten gerechnet werden.

Besonderheiten der klimatischen Bedingungen

Die atmosphärischen Bedingungen in der Gegend von Richards Bay sind so *aggressiv*, dass z. B. Zinkschichten von 0,1 mm Stärke in gewissen Gebieten bereits in wenigen Monaten abgebaut werden. Bei unzulässigen Inhomogenitäten in der Betonqualität oder bei Betonüberdeckungen von lokal weniger als etwa 30 mm beginnt die Armierung nach relativ kurzer Zeit zu korrodieren und den Beton zu zerstören. Die Umwandlung des Armierungsstahles in Korrosionsprodukte verursacht bekanntlich gleichzeitig mit der Querschnittsverringerung auch eine Volumenzunahme, welche dann zu Betonabsprengungen führt. In dieser Gegend herrschen praktisch während des ganzen Jahres aggressive klimatische Bedingungen, d. h. hoher Salzgehalt in der Luft zusammen mit einer hohen Luftfeuchtigkeit bis 100%, und dies bei hohen und zwischen Tag und Nacht stark schwankenden Temperaturen (Extremwerte 3 °C und 46 °C). Diese atmosphärischen Verhältnisse bedingen eine rigorose Qualitätskontrolle während allen Phasen der Betonherstellung und -verarbeitung sowie der Stahlbaumontage und Korrosionsschutzarbeiten.

Projektierung und Ausführung der Pfahlfundationen

Für die Festlegung der optimalen Pfahlfundation der Silos wurden nur *verschiedene Kombinationen von Grossbohrpfählen* untersucht. Andere Pfahltypen wurden in der Evaluation nicht berücksichtigt. Es wurden insbesondere Variationen von Anzahl Pfählen, Pfahldurchmesser, Einbindetiefe in den tragenden Untergrund usw. sowie deren Einfluss auf die Bauausführung, die Lastübertragung von der Silokonstruktion auf die Pfahlfundation und den Untergrund, das Bauprogramm und die Gesamtkosten untersucht.

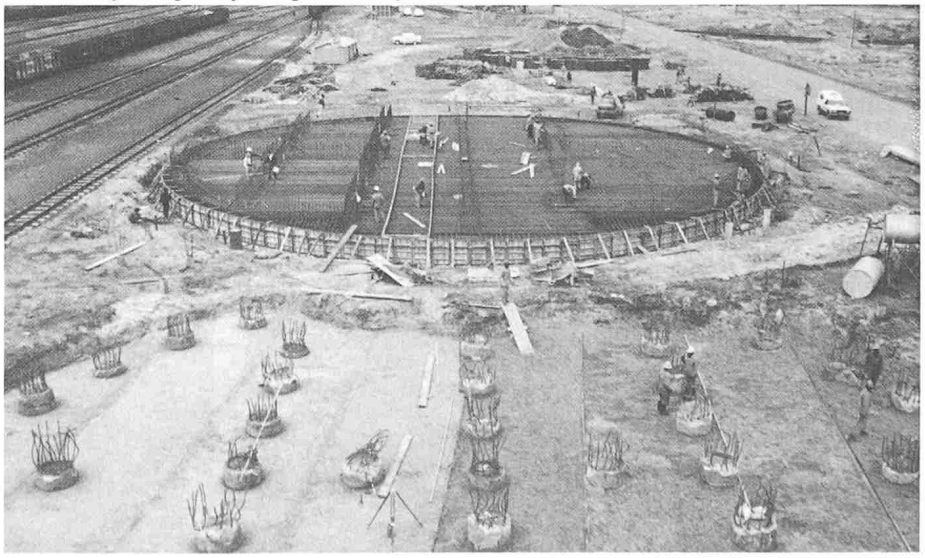
Gewählt wurden schliesslich als optimale Lösung Pfahlfundationen mit Grossbohrpfählen von 6000 kN Traglast (je 99 für die Tonerdesilos und 56 für den Kokssilo). Der Anteil der Last aus negativer Mantelreibung infolge sekundärer Setzungen wurde auf 900 kN pro Pfahl errechnet. Der Pfahldurchmesser betrug 1000 mm, die Einbindetiefe 3,0 m, die durchschnittliche Pfahllänge 13,6 m. Die minimale Druckfestigkeit nach 28 Tagen war 29,5 N/mm², die Betonüberdeckung 80 mm.

In einem *Last-Setzungs-Versuch* wurde ein Pfahl zuerst während 18 Stunden mit der in Stufen aufgebrachten maximalen Gebrauchslast von 6000 kN belastet, anschliessend entlastet und nach 120 Stunden die Belastung stufenweise erhöht und während 18 Stunden mit konstant 9000 kN vorgenommen. Die Last wurde mittels hydraulischer Pressen auf den Pfahl aufgebracht, die Reaktionskräfte wurden über acht Anker in Hülsen aufgenommen. Die Last-Setzungslinien mit einem progressiven Erstbelastungsast und einem flacheren praktisch geraden Entlastungs- und Wiederbelastungsast entsprachen dem typischen Verhalten von solchen Grossbohrpfählen. Die theoretisch errechnete Setzung bei 9000 kN betrug 4,49 mm, die tatsächlich gemessene 4,57 mm. Die plastische Verformung des tragenden Untergrundes betrug 1,06 mm. Die Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen des verwendeten Betons im Testpfahl war 41,5 N/mm².

Mit konservativen Annahmen bezüglich des Untergrundes errechnete sich die theoretisch zu erwartende Setzung der *Pfahlgruppe* unter Vollast auf 6,3 mm für den Tonerdesilo. Als tatsächliche maximale Setzungen der Silo-Unterkonstruktionen wurden 1983 zwischen 3 und 4 mm gemessen.

Pfähle in schwach tragfähigen, weichen Sedimentgesteinen sind bezüglich Trag- und Setzungsverhalten empfindlicher auf die Auswirkungen ihrer Herstellung als Pfähle in Lockergesteinen. Das Verhalten des einzelnen Pfahls wird *stark beeinflusst von der Sorgfalt und der Qualität seiner Herstellung*, insbesondere auch wegen des hohen Spitzendruckanteils im Verhältnis zur Mantelreibung bei solchen eingebundenen Pfählen. Eine strikte Qualitätssicherung und Kontrolle während der Bauausführung war deshalb erforderlich,

Bild 2. Ausführung von Pfählung und Bodenplatte



speziell bezüglich Einbindetiefe und Auflockerung der Bohrsohle.

Zur Sicherstellung der korrekten Einbindetiefe und damit genügenden Tragfähigkeit sowie eines einwandfreien Verbundes zwischen Pfahl und tragendem Untergrund wurden nebst regelmässigen Betonproben folgende Tests und Kontrollen durchgeführt:

- Horizontaler *Plattendruckversuch* im unverrohrten Pfahlfussbereich mit einem Plattendurchmesser von 150 mm und einer Belastung bis 200 kN in 50-kN-Schritten. Aufgrund dieser Testresultate wurden *E*-Modul und Tragfähigkeit ermittelt und mit den Annahmen der Pfahlbemessung verglichen. Infolge der Häufigkeit der zementierten Schichten, welche erheblich grösser war als ursprünglich angenommen, konnten allerdings bei einer grossen Zahl von Versuchen keine vollständigen Resultate gewonnen werden, da die Tragfähigkeit des Untergrundes die Kapazität der Testinstallation überschritt.
- Empirischer *Penetrometertest* auf der Bohrsohle. Obwohl die Resultate dieser Tests keine direkte Korrelation zur Tragfähigkeit des Untergrundes ergaben, erlaubten sie doch wertvolle praktische Aussagen über die Variation der Qualität der Fundationsschichten über die Baustelle, und, zusammen mit den Erkenntnissen aus den horizontalen Plattendruckversuchen, eine Anpassung der Einbindetiefe wo erforderlich.
- Eine *gründliche Handreinigung* jeder einzelnen Bohrsohle und jedes einzelnen Pfahlmantels sowie einer visuellen Inspektion von Sohle und Mantel unmittelbar vor dem Betonieren.
- Eine vertikale *Kernbohrung* durch einen Pfahl bis in den tragenden Untergrund, um den Verbund mit dem Beton zu überprüfen.

Im Durchschnitt wurden 16 6000-kN-Pfähle pro Woche erstellt mit einem Minimum von anfänglich 5 und einem Maximum gegen Ende von 26.

Die Silo-Unterkonstruktionen

Die Silo-Unterkonstruktionen bestehen je aus einer Bodenplatte, Ring- und Zwischenwänden sowie dem erhöhten Siloboden.

Die *Bodenplatte* eines Tonerdesilos hat einen Durchmesser von 37,0 m und eine Stärke von 1,3 m (Bild 2). Sie ist als starre Fundamentplatte ausgelegt, um die maximale Gesamtlast von 600 000 kN gleichmässig auf die Pfahlfundation zu verteilen. Sie ist orthogonal armiert mit etwa 140 kg/m³ Armierungsgehalt. Die Betonierung erfolgte in einer Etappe von 44 Stunden. Die mittlere Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen war 46,0 N/mm². Die *Wände* wurden konventionell in 32 Betonieretappen erstellt. Die *Deckenplatte* hat einen Durchmesser von 36,0 m und eine Stärke von 1,3 m. Sie ist zur Aufnahme und Übertragung auf die Wände des gesamten Gewichtes des Silos mit Aufbauten sowie der Tonerde bemessen. Die Belastung auf den Siloboden beträgt in der Mitte etwa 400 kN/m² und nimmt gegen den Rand hin zu. Die Deckenplatte ist orthogonal armiert, über den Wandöffnungen sind Stahlträger einbetoniert. Der Armierungsgehalt beträgt etwa 120 kg/m³. Die mittlere Würfeldruckfestigkeit nach 28 Tagen betrug 49,0 N/mm². Total 930 m³ Überbeton von geringer Festigkeit über der Deckenplatte ergeben den eigentlichen *Siloboden* mit einem Gefälle von 10,5% vom Rand gegen die Mitte. Dadurch wird die Entleerung des Silos mittels radial angeordneter pneumatischer *Fluidisierungsrinnen* erleichtert.

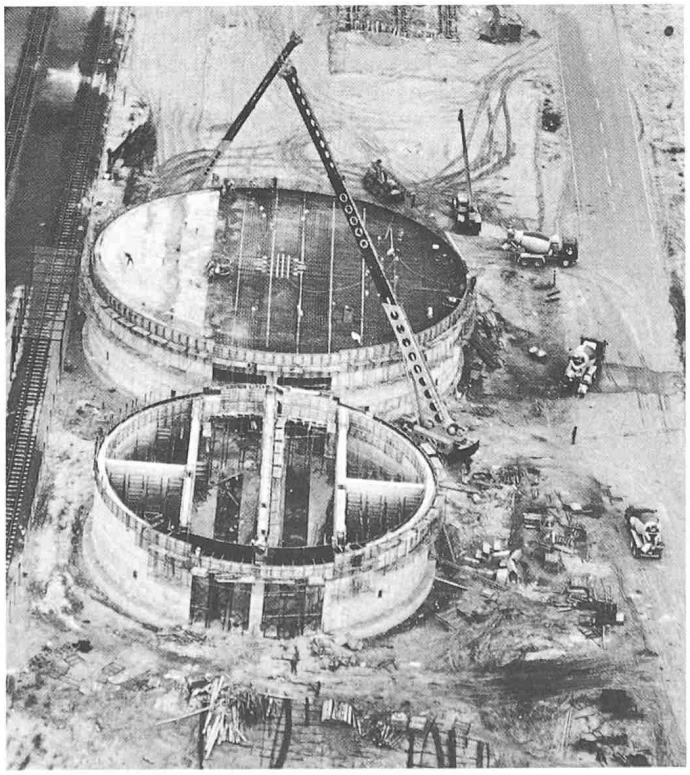
Die Unterkonstruktion des Kokssilos wurde analog dimensioniert und ausgeführt (Bild 3).

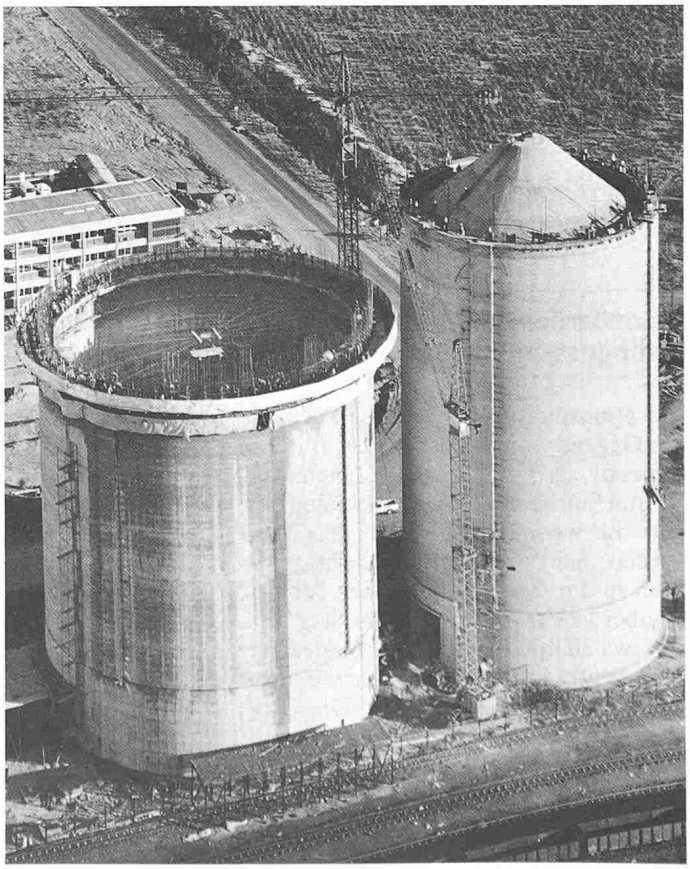
Bemessung und Konstruktion der Silowände

Die Ermittlung der *Lasten* in den Behältern infolge Tonerde und Koks erfolgte im wesentlichen nach DIN 1055 Teil 6 unter Einbezug der Erfahrung der Projektverfasser beim Bau von Siloanlagen für solche Schüttgüter. Insbesondere wurden Messresultate von Anlagen im Betrieb sowie früheren Versuchen zur Bestimmung der massgebenden Lastfälle und laststeigernden Ein-

Bild 4 (rechts). Endphasen der Erstellung des ersten Tonerdesilomantels und der Hebung des Kokssilodaches

Bild 3. Silounterkonstruktionen im Bauzustand





flüsse berücksichtigt. Die übrigen Lasten wie Wind, Erdbeben, Auflasten usw. wurden gemäss den einschlägigen Normen ermittelt.

Am Beispiel eines Tonerdesilos sollen im folgenden kurz die *Projektierungsgrundlagen* erläutert werden:

Das *Raumgewicht* locker geschütteter Tonerde schwankt zwischen 7 kN/m³ und 9 kN/m³. Die entsprechenden Werte, welche bei Überlagerung in Grossbehältern gemessen wurden, liegen zwischen 9 kN/m³ und 13 kN/m³. Als Mittelwert für die *Berechnung der Silodrükke* wurde mit 12 kN/m³ gerechnet. Volumetrische Berechnungen erfolgen auf der Basis von 10 kN/m³. Der Böschungswinkel frei geschütteter Tonerde variiert zwischen 20° und 35°. Für die Berechnung der Silodrücke wurde mit einem Winkel der inneren Reibung von 25° gerechnet.

Die *Temperatur* der Tonerde in den Lagern der Produktionsstätte (in diesem Fall ein Tonerdewerk in Australien) beträgt im Durchschnitt 90 °C, diejenige bei Ankunft in Richards Bay wurde im Mittel mit 60 °C und im Maximum mit 80 °C angenommen. Die Beanspruchung des Silomantels infolge Temperatur wurde aus den Kombinationen von Innentemperatur

$$t_{i,\,max/min} = 80\ °C/20\ °C$$

und Aussentemperatur

$$t_{a,\,max/min} = 46\ °C/3\ °C$$

ermittelt.

Die durch Füll- und Entleervorgänge sowie Staubaspiration im nichtgefüllten Teil des Behälters entstehenden *Über- und Unterdrücke* wurden mit +2,0 kN/m² bzw. - 1,0 kN/m² für die Bemessung des Mantels und des Daches berücksichtigt.

Die *Entleerung* des Tonerdesilos erfolgt mittels radial angeordneten Fluidisierungsrinnen, durch welche eine Auflokkerung der Tonerde im Bereich des Silobodens und damit ein «Fliessen» zu den acht Ausläufen herbeigeführt wird. Der Betrieb der einzelnen Abschnitte des Systems der Fluidisierungsrinnen ist so gesteuert, dass keine wesentlichen laststeigernden Einflüsse berücksichtigt werden müssen.

Gut bekannt aus Betrieb und Messungen an anderen Anlagen waren die Materialkennwerte der verschiedenen Silogutqualitäten, Vertikallasten, Horizontallasten, Wandreibungslasten usw. Hingegen waren weniger detaillierte Grundlagen für die Ermittlung der Temperaturbeanspruchungen vorhanden. Es wurde deshalb beschlossen, im ersten Tonerdesilo und im Kokssilo ein umfangreiches *Temperaturmessprogramm* durchzuführen. Die Installation und die Resultate sind im letzten Abschnitt kurz erläutert.

Die Silowände sind auf 41 mm bzw. 61 mm dicken *Stahl-Neopren-Lagern* gleitend gelagert. Alle Lager wurden mit der 1,5fachen Gebrauchslast getestet. An ihren oberen Enden sind die Silowände durch torsionssteife Ringbalken verstärkt.

Der Aussendurchmesser der Tonerdesilos beträgt 35,90 m, derjenige des Kokssilos 28,60 m. Die *Wandstärken* sind 350 mm bzw. 300 mm. Die Silowände wurden im Gleitschalverfahren hergestellt (Bild 4). Die Gleitgeschwindigkeiten betrugen zwischen 2,7 m/Tag und 4,0 m/Tag. Die erzielten mittleren Würfeldruckfestigkeiten nach 28 Tagen waren bei allen drei Silos 52,0 N/mm². Die gemessenen maximalen Abweichungen in den Durchmessern betrugen 21 mm und in der Vertikalen 53 mm. Die maximale Verdrehung war 60 mm.

Die Silos sind *horizontal mit Kabeln vorgespannt,* welche über 180° laufen. Die Verankerungen sind in vier Lisenen enthalten. Ein Tonerdesilo und der Kokssilo wurden mit dem VSL-System, ein Tonerdesilo mit dem BBR-System vorgespannt.

Die Konstruktion der Silodächer

Die Silodächer bestehen aus einer schlaff armierten 100 mm starken *Schale* mit bis zu 22 Öffnungen mit Durchmessern bis 800 mm für Füllinstallationen, Kontrolleinrichtungen usw. und vorgespannten Ringträgern.

Als wirtschaftlich und programmlich optimale Lösung wurde für die Erstellung der Silodächer die *Hebetechnik* gewählt. Durch den Bau der Dächer auf Lehrgerüsten auf den Silounterkonstruktionen in Bodennähe konnte zudem die Qualität des Betonierens, der Vorspannoperationen und des Verpressens der Kabelrohre besser überwacht werden. Die risikoreichen Bauarbeiten in grosser Höhe für die Erstellung der Gerüstungen und Schalungen konnten dadurch ebenfalls reduziert werden.

Die Dächer wurden an 18 bzw. 15 Dywidag-Stangen ∅ 32 mm hochgezogen (Bilder 5, 6). Die Enden der Stangen waren direkt in die Ringträger der Dächer einbetoniert. Die einzelnen Stangen wurden mittels Ausbaukupplungen verbunden. Sie führten durch entsprechende Öffnungen in den Kragträgern

Bild 5. Schematische Darstellung der Hebung eines Silodaches

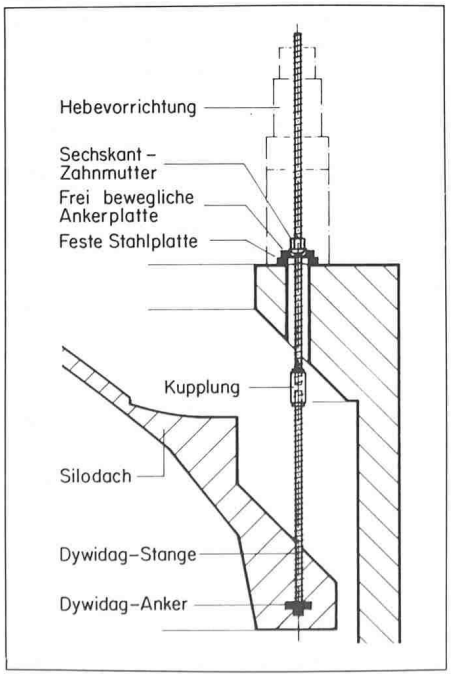


Bild 6. Hebevorrichtung am oberen Ende der Silowand

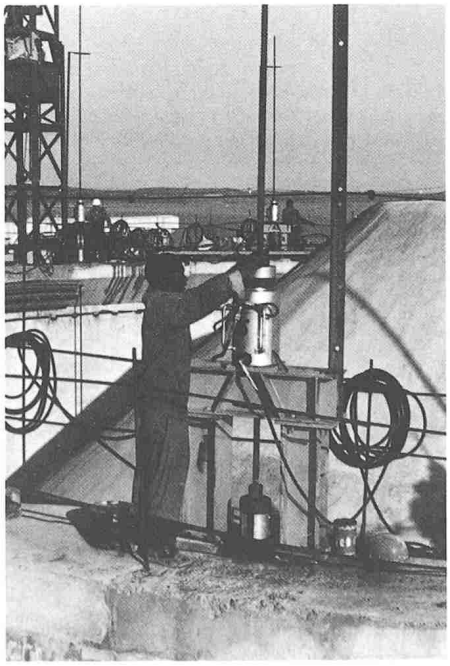


Bild 7. Detail Verbindung Silodach/Silowand (erste zwei Silos)

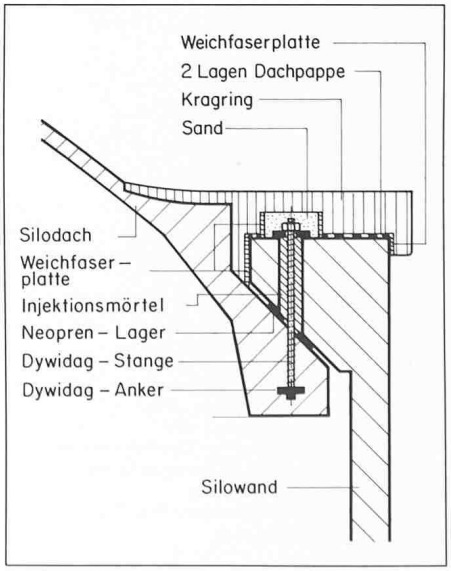


Bild 8. Schlussphase der Hebung des Daches des ersten Tonerdesilos

am oberen Ende der Silowände zu den hydraulischen Pressen, welche in drei Gruppen zusammengefasst an den Pump- und Kontrollstationen angeschlossen waren.

Während des Hebevorgangs wurden an jedem Hebepunkt die durch die Öffnungen führenden Stangen durch ständiges Nachziehen einer Sechskantzahnmutter auf einer frei beweglichen und einer fest angeordneten Ankerplatte zusätzlich gesichert. Die Kupplungen waren in der Höhe versetzt angeordnet, so dass beim Passieren von Öffnungen bzw. Pressen jeweils maximal drei Stangen gleichzeitig abgehängt werden mussten. Während des Hebens wurden die Dächer mittels Spannseilen gesichert, um Schwingungen sowie Beschädigungen von Dach und Wand zu vermeiden. Die maximale Hebegeschwindigkeit betrug 6 m pro Tag.

Nach dem Erreichen der Endlage wurden die *Stangen vorgespannt* und oberhalb der Verankerungen abgetrennt (Bild 7). Anschliessend erfolgte die Betonierung der den Kragträger überlappenden Dachränder. Diese Kragringe sind so bemessen, dass sie die gesamten Dachlasten aufnehmen können. Der Übergang Wand - Dach ist so ausgebildet, dass die Übertragung von Deformationen und Spannungen infolge asymmetrischen Wanddruckes durch das Silogut und Temperaturunterschieden sowie Schwinden und Kriechen des Betons auf ein Minimum beschränkt werden.

Probleme bezüglich des *«Einpassens» der Dächer* unter die Kragträger (Bild 8) wurden verursacht durch die Nichteinhaltung der geforderten Oberflächentoleranzen. Das Vermessen und die Kontrolle der Ausführung der schrägen Flächen von Dachringträger und Wandkragträger erwies sich als äusserst aufwendig und schwierig. Dieses Detail, welches sich als nicht zweckmässig erwiesen hat, wurde für den dritten Silo derart abgeändert, dass die Auflagerflächen horizontal waren.

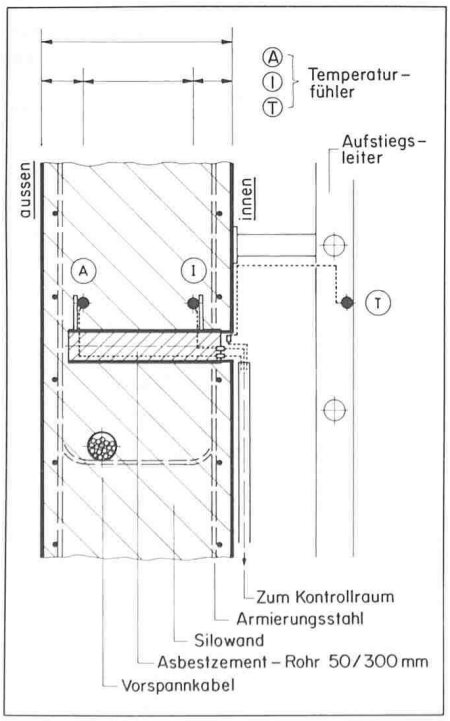
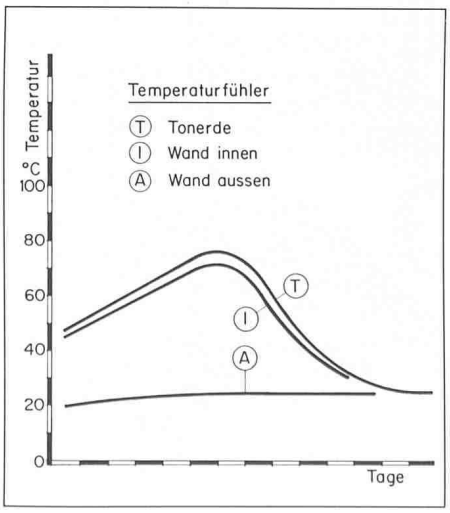


Bild 9 (links). Schema einer typischen Temperatur-Messstelle in der Tonerdesilowand

Bild 10. Typische Messresultate einer Temperaturmessstelle in der Tonerdesilowand vor, während und nach dem Füllvorgang



Temperaturmessprogramm

Um *für zukünftige Projekte* mehr konkrete Erfahrungswerte zur Bestimmung der Bemessungsgrundlagen infolge Temperaturbeanspruchung zur Verfügung zu haben, wurde in einem Tonerdesilo und im Kokssilo ein Messprogramm durchgeführt. Zur Ermittlung des effektiven Temperaturverlaufs im Siloboden und im Silomantel sowie der Temperaturverhältnisse in Wandnähe, insbesondere innen in Luftbereich und im mit Silogut gefüllten Bereich, wurden im Tonerdesilo 27 und im Kokssilo 23 Temperaturfühler installiert.

Da solche Grossuntersuchungen an bestehenden Anlagen zeitlich und finanziell sehr aufwendig sind, muss sowohl die Anordnung und Lage der Messpunkte als auch die Installation der Messeinrichtungen sowie die Gewinnung der Messresultate optimal geplant werden. So besteht z. B. eine *Messstelle* im Mantel des Tonerdesilos aus drei Temperaturfühlern, zwei in der Wand je 60 mm von der Innen- (I) und Aussenseite (A) entfernt und eine im Siloinnern (T) 200 mm von der Wandoberfläche entfernt (Bild 9). Die Installation wurde während dem Gleiten in die Wand einbetoniert. Die Messwerte werden elektrisch in einen zentralen Raum in der Silounterkonstruktion übertragen, wo sie einzeln abgelesen und protokolliert werden müssen. Durch diese Messungen konnten wertvolle Erkenntnisse über die zeitlichen und räumlichen Temperaturverläufe gewonnen werden.

Typische Messresultate, z. B. an der oben beschriebenen Messstelle in der Tonerdesilowand, sind wie folgt (Bild 10):

- Während des Füllens steigen die Temperaturen praktisch linear auf die Maximalwerte, z. B. t_A = 25 °C, t_I = 71 °C und t_T = 72 °C.
- Wenige Tage nach abgeschlossenem Füllvorgang sind die Temperaturspitzen abgeklungen, und die gleiche Messstelle zeigt z. B. t_A = 24 °C, t_I = 24 °C und t_T = 25 °C.

Bis Anfang 1984 betragen die höchsten je gemessenen Temperaturen im Beton der Silowände im Tonerdesilo 74 °C und im Kokssilo 72 °C. Bis heute sind eine Anzahl Temperaturfühler infolge

mechanischer Beschädigungen durch den Betrieb leider ausgefallen. Das Messprogramm wird weitergeführt.

Schlussbetrachtung

Rückblickend kann festgestellt werden, dass die Bemessungsannahmen durch nachträgliche Messungen am fertiggestellten Bauwerk sowie durch die Betriebserfahrungen bestätigt wurden. Mit Ausnahme der Verbindung Dach/Wand bei den ersten zwei Silos haben sich die Vorstellungen der Projektverfasser in konstruktiver Hinsicht als zweckmässig erwiesen. Grössere Probleme während des Baus sind denn auch nicht bezüglich des Projektes oder ausführungstechnischer Aspekte festgestellt worden, sondern eher infolge der *erhöhten Anforderungen an die Qualitätssicherung*. Dies einerseits als Folge des enormen Termin- und Kostendrukkes bei solchen Investitionsprojekten und andererseits aus den für schweizerische Verhältnisse ungewohnt aggressiven klimatischen Verhältnissen. Dazu kommt das Arbeiten mit einer grossen Zahl von Unternehmern, welche bezüglich Einhaltung von Terminen und hohen Qualitätsstandards zum Teil eine gewisse Unbekümmertheit mitbringen. Alle diese Faktoren bedingen einen hohen Aufwand an Planung, Überwachung und Kontrollen zur Sicherstellung einer einwandfreien Qualität, denn nur damit können in diesen Verhältnissen dauerhafte Bauwerke erstellt werden.

Adresse des Verfassers: *H. Kühne*, dipl. Ing. ETH/SIA, c/o Alesa Alusuisse Engineering AG, Max Höggerstrasse 6, 8048 Zürich.

Wettbewerbe

Parkhaus und Altstadtsanierung auf der Weri, Brig-Glis

In diesem öffentlichen Ideenwettbewerb wurden 14 Projekte beurteilt. Zwei Entwürfe mussten wegen schwerwiegender Verletzung von Programmbestimmungen von der Preiserteilung ausgeschlossen werden. Ergebnis:

1. Rang, 1. Preis (20 000 Fr. mit Antrag zur Weiterbearbeitung): Marc Burgener, Sierre, Mitarbeiterin: Christine Sjostedt

2. Rang: Michel Zufferey, Sierre; Mitarbeiter: Didier Thirionet, Max Perruchoud

3. Rang, 2. Preis (10 000 Fr.): Niklaus Ledergerber, Brig-Glis; Mitarbeiter: Johannes Ledergerber

4. Rang, 3. Preis (8000 Fr.): Hartmut Holler, Brig-Glis

5. Rang, 4. Preis (7000 Fr.): Claire Debidour-Eggs, Sitten, Marie-Paule Mayour, Siders, Peter Schweizer, Darnona

6. Rang, 5. Preis (3000 Fr.): Marie-Hélène Schmidt-Dubas, Sitten; Mitarbeiterin: Christina Lombardi

7. Rang, 6. Preis (2000 Fr.): Heinz und Jörg Feliser, Brig-Glis

Fachpreisrichter waren Bernard Attinger, Kantonsarchitekt, Sitten, H. U. Meyer, Bern, Kurt Aellen, Bern, Aurelio Galfetti, Bellinzona, André Werlen, Brig, Dr. Walter Ruppen, Kunsthistoriker, Brig; Ersatzfachpreisrichter war Hans Ritz, Sitten.

Altersheimneubau in Grabs SG, Überarbeitung

Die politische Gemeinde Grabs SG veranstaltete einen öffentlichen Projektwettbewerb für ein Altersheim in Grabs. Von den 16 eingereichten und beurteilten Entwürfen wurden sechs mit Preisen bedacht. Das Preisgericht beantragte, die Verfasser der drei erstprämiierten Entwürfe zu einer Überarbeitung einzuladen. Nach Abschluss dieser zweiten Stufe empfiehlt nun das als Expertenkommission amtierende Preisgericht, *Werner Fuchs*, Grabs (Wettbewerb: 2. Preis), mit der Weiterbearbeitung und Ausführung seines Projektes zu beauftragen. Die zwei anderen Projekte stammen von David Eggenberger, Buchs (1. Preis), Walter Nigg, in Firma Bargetze + Nigg, Buchs (3. Preis). Fachexperten waren A.E. Bamert, Kantonsbaumeister, St. Gallen, R. Schönthier, Rapperswil, H. Schwarzenbach, Uznach.

Altersheim Muri AG

Die Einwohnergemeinde Muri AG veranstaltet einen öffentlichen Projektwettbewerb für ein Altersheim mit Alterswohnungen. *Teilnahmeberechtigt* sind alle Architekten mit Wohn- oder Geschäftssitz seit mindestens dem 1. Januar 1983 in Muri. Ausserdem werden drei auswärtige Architekten zur Teilnahme eingeladen. *Fachpreisrichter* sind Hans-Peter Ammann, Zug, Godi Hertig, Aarau, Josef Rieser, Baden, Hans Wipf, Muri, Ersatz. Die *Preissumme* für fünf bis sechs Preise und allfällige Ankäufe beträgt 40 000 Fr. *Aus dem Programm:* 45 Einzelzimmer mit entsprechenden Nebenräumen, Cafeteria, Essraum, Mehrzweckzimmer, Clubraum, Ergotherapie, Dienst- und Nebenräume, Verwaltung, Küchenanlage, 4 2½-Zimmer-Alterswohnungen, Verwalterwohnung, Personalzimmer. *Termine:* Fragestellung bis 23. Februar, Ablieferung der Entwürfe bis 29. April, der Modelle bis 6. Mai 1985.

Wettbewerb Krankenheim in Zürich-Wiedikon

Der Stadtrat von Zürich veranstaltete im Frühjahr 1984 einen Projektwettbewerb unter zwölf eingeladenen Architekten für ein Krankenheimbau auf dem Areal zwischen dem Trassee der SZU, dem Borrweg und dem Gehrenholzareal in Zürich-Wiedikon. Preisrichter waren Stadtrat Hugo Fahrner, Vorstand des Bauamtes II, Stadtrat Max Bryner, Vorsteher des Gesundheits- und Wirtschaftsamtes, Dr. A. Wettstein, Chefstadtarzt, die Architekten A. Wasserfallen, Stadtbaumeister, Claudia Bersin, Zürich, Hans R. Rüegg, Zürich, Peter Stutz, Winterthur, Prof. Alain G. Tschumi, La Neuveville; Robert Schoch, Zürich, Ersatz.

Zur Aufgabe: Dem Wettbewerb liegt erstmals ein *Heimkonzept* mit sogenannten Pflegefamilien zugrunde. Das künftige Krankenheim Wiedikon besteht aus vier Pflegeeinheiten zu 30 Betten, insgesamt 120 Betten, aufgeteilt in jeweils zwei selbständige Pflegesektoren zu 15 Betten. Auf konventionelle Korridore soll zugunsten bewohnbarer Flächen weitgehend verzichtet werden. Dafür wird jedem Pflegesektor ein eigenes Wohn-/Esszimmer angegliedert. Dem Patienten stehen als Bewohner des Heimes somit drei frei wählbare Aufenthaltsbereiche zur Verfügung:

- Schlafzimmer (= Intimsphäre)
- Wohnzimmer im Pflegesektor (= Pflege-Familie, halböffentlicher Bereich)
- Halle und Cafeteria (= öffentlicher Bereich).

Das Raumprogramm ist darauf ausgerichtet, dass die Infrastrukturen des benachbarten Altersheimes und des Krankenheimes aufeinander abgestimmt werden. Träger des Altersheimes ist der «Verein Altersheim Wiedikon», der als private Institution die Realisierung rascher vorantreiben kann. Die gemeinsamen technischen Einrichtungen sind deshalb im Gebäudekomplex des Altersheimes enthalten, wie Heizung, Küche und Patientenwäsche. Zu diesem Zweck ist eine unterirdische Verbindung zu erstellen. Für die Heimwäsche wird das Krankenheim der kantonalen Zentralwäscherei angeschlossen.