Projektierung und Bauausführung des Werftneubaus für die ZSG

Autor(en): **Studer, Ernst / Matt, Ueli von / Meier, Walter**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 26

PDF erstellt am: **28.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75486

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

Projektierung und Bauausführung des Werftneubaus für die ZSG

Von Ernst Studer, Ueli von Matt, Walter Meier und Jakob Adank, Zürich

Das Konzept der Anlage

Am Anfang der Detailprojektierung stand die Wahl des Schiffsauswasserungssystems. Zum Zuge kam der Krupp-Hydrauliklift: Das zu überholende Schiff wird vertikal aus dem Wasser gehoben und kann auf Gleis-Rollwagen in die Werfthalle gezogen werden. Damit wird der Schiffslift frei, und bei Bedarf kann ein zweites Schiff ausgewassert werden, was als besonderer Vorteil dieser Lösung gewertet wurde.

Durch ihre Lage am See sind die Werftanlagen in einer städtebaulich empfindlichen Umgebung. Die Hochbauten wurden deshalb äusserst sorgfältig in die Uferlandschaft eingepasst (Bilder 1 und 2). So wurde für die hohe Werfthalle ein im Vergleich zum Flachdach aufwendigeres *Walmdach* ausgeführt. Mit der *Farbgestaltung* (chromoxidgrün für die sichtbaren Teile der Tragkonstruktion und der Dacheindeckung) und der Wahl von *Holz als Fassadenverkleidung* wurde bewusst eine Synthese zwischen den konstruktiven Anforderungen eines industriellen Komplexes und den städtebaulichen Anliegen der ufernahen Erholungszone versucht.

Als Mittelachse der neuen *Werfthalle* und des Schiffslifts wurde aus praktischen Gründen die Achse des alten Slip, senkrecht zum Ufer, gewählt. Das *Betriebsgebäude* mit Werkstätten, Magazinen und Verwaltungstrakt wurde parallel zum Ufer angeordnet. Es kommt zum Teil auf neu geschüttetes Terrain zu liegen. Die *Uferlinie* wurde auf eine Länge von 145 m um 30 m seewärts verschoben und der Hafen nach Süden um 32 m erweitert. Sämtliche *Hafenstege* wurden neu erstellt.

Das alte Verwaltungsgebäude wurde umgebaut. Es enthält neu im Erdgeschoss die Büros, Lager und Küchen des Restaurateurs. Im Obergeschoss sind Kantine und Schulungsräume der ZSG untergebracht.

Die *Hauptkubaturen* der ganzen Bauaufgabe sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1. Hauptkubaturen Werftneubau

Aufschüttungen	12 000 m³
Ausbaggerungen	17 000 m³
Spundwände	1570 m² ≙ 265 t
Fundationspfähle	
an Land	188 Stk. ≙ 4 650 m
im Wasser	142 Stk. ≙ 2 650 m
Prellpfähle	100 Stk. ≙ 1 230 m
Konstruktionsbeton (Ortsbeton)	
Bodenplatten, Fundamente und Stege, Dachplatten	2 530 m³
Armierungsgewicht	230 t
Vorfabrizierte Betonelemente	
Hafenstege, Versorgungskanal	270 m³
Stahlkonstruktion	
Werfthalle	330 t
Betriebsgebäude	180 t
Schiffslift-Plattform	200 t

Die Randbedingungen der Bauaufgabe

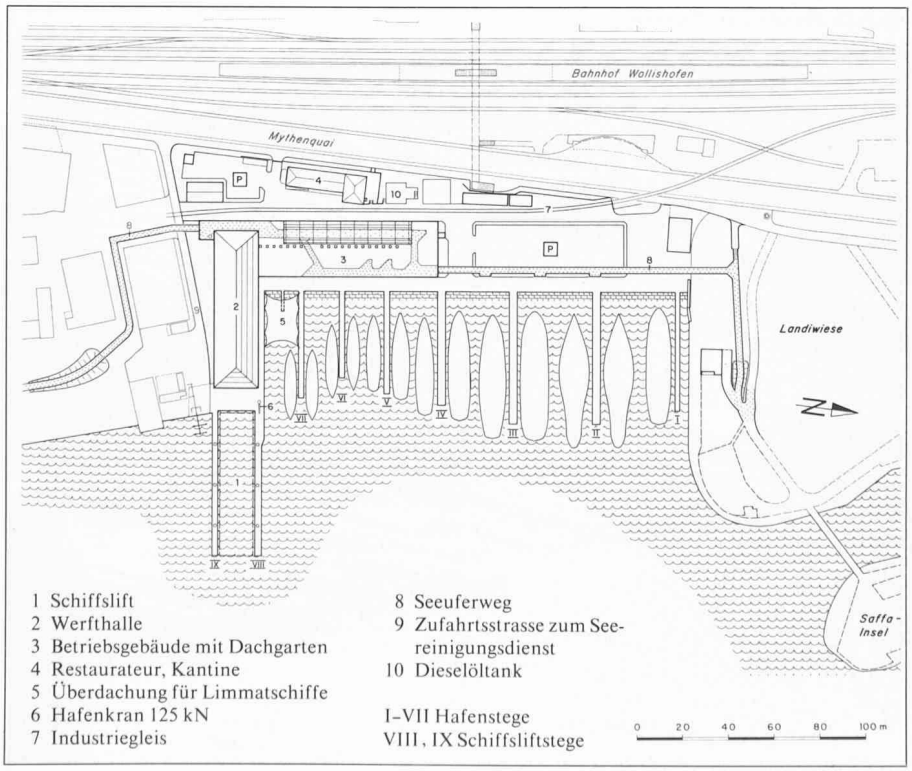
Während der ganzen Bauzeit musste der *Betrieb der ZSG* aufrechterhalten bleiben. Dies bedingte, dass in allen Phasen der Werftbetrieb gegenüber dem Baubetrieb Priorität hatte:

- Der *Baubeginn* war erst nach dem Fahrplanwechsel im Herbst 1982 möglich.
- Während der Fahrsaison war *ständig* eine Auswasserungsmöglichkeit zu gewährleisten.
- Der Abbruch der alten Hafenstege und der Bau der neuen Stege hatten aus betrieblichen Gründen *in Etappen* zu erfolgen.
- Motorenwerkstätte und Schlosserei mussten *jederzeit* (am alten oder am neuen Standort) betriebsbereit sein.

Ferner war während der *Laichzeit der Fische* (Ende November bis Anfang Januar und April/Mai) ein Bagger- und Schüttverbot im See zu beachten. Die zur Verfügung stehende Gesamt-Bauzeit von 1½ Jahren war zudem sehr knapp bemessen.

Bei diesen Gegebenheiten und der örtlichen Enge musste ein *ausgeklügeltes Bauprogramm* erstellt werden, in welchem die gegenseitigen Abhängigkeiten der verschiedenen Arbeiten ausserordentlich zahlreich waren.

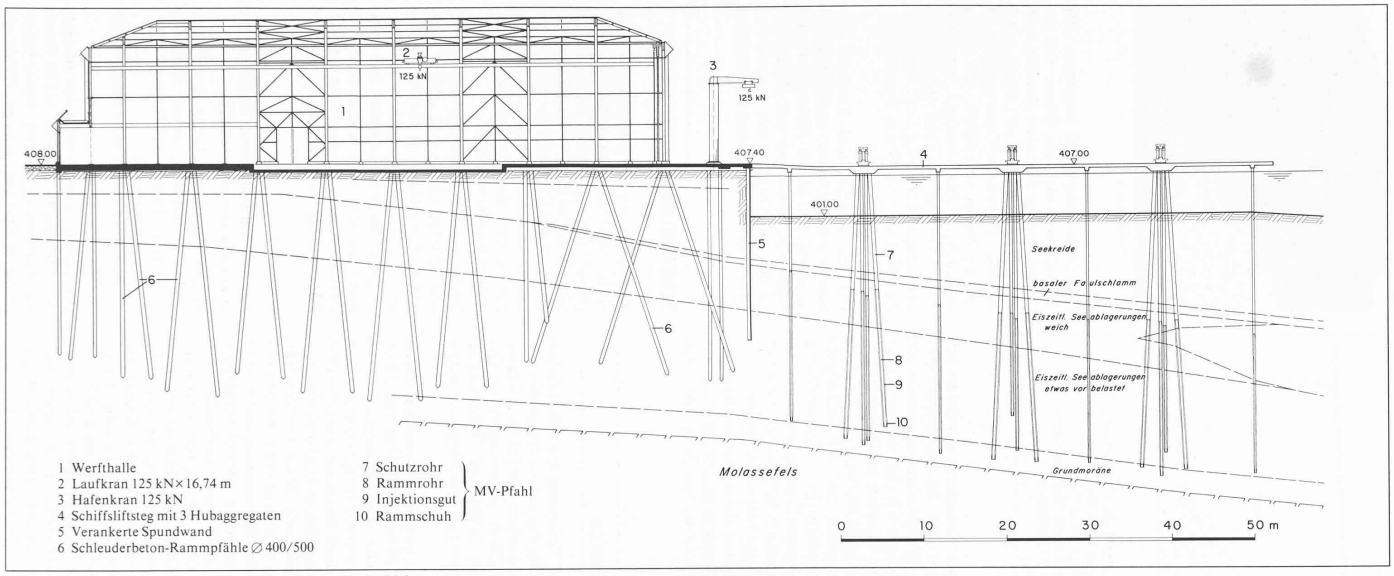
Bild 2. Situation



Baugrundverhältnisse

Da nur wenig aussagekräftige Aufschlüsse vorlagen, wurde der Baugrund zu Land und zu Wasser mit einer *umfangreichen Sondierkampagne* erkundet.

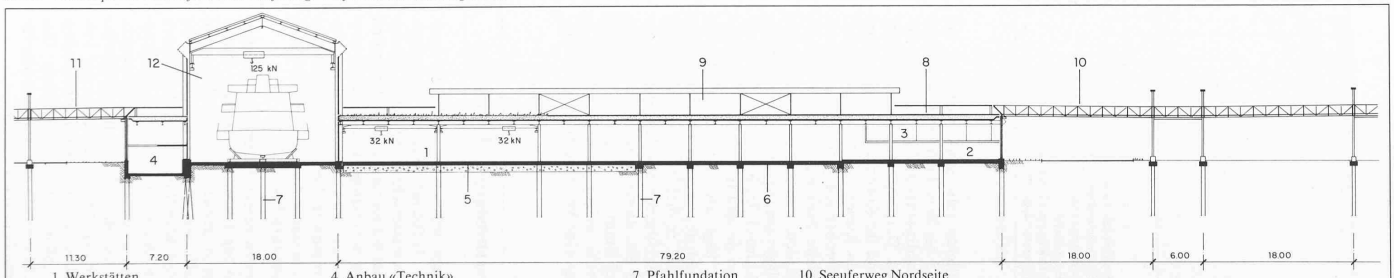
Im Bereich der Schiffsliftstege wurde überraschenderweise der Molassefels in 33 m Tiefe unter dem Seegrund sowie eine 3 m mächtige, hart gelagerte Grundmoräne über der Felsoberfläche aufgeschlossen (Bild 3). Diese harten Gesteine, deren Verlauf nach Norden und Westen nicht bekannt ist, werden überlagert von eiszeitlichen Seeablagerungen, deren Kornaufbau und Lage-



1 Werfthalle
2 Laufkran 125 kN× 16,74 m
3 Hafenkran 125 kN
4 Schiffsliftsteg mit 3 Hubaggregaten
5 Verankerte Spundwand
6 Schleuderbeton-Rammpfähle ∅ 400/500
7 Schutzrohr
8 Rammrohr
9 Injektionsgut } MV-Pfahl
10 Rammschuh

Bild 3. Schnitt senkrecht zum Ufer durch Werfthalle und Schiffsliftstege

Bild 4. Schnitt parallel zum Ufer durch Seeuferweg, Werfthalle und Betriebsgebäude



1 Werkstätten
2 Verwaltung
3 Archivraum über Zwischenboden
4 Anbau «Technik»
5 Flach fundierte Bodenplatte
6 Bodenplatte auf Auffüllung, gepfählt
7 Pfahlfundation
8 Dachgarten
9 Pergola
10 Seeuferweg Nordseite
11 Seeuferweg Südseite
12 Werfthalle

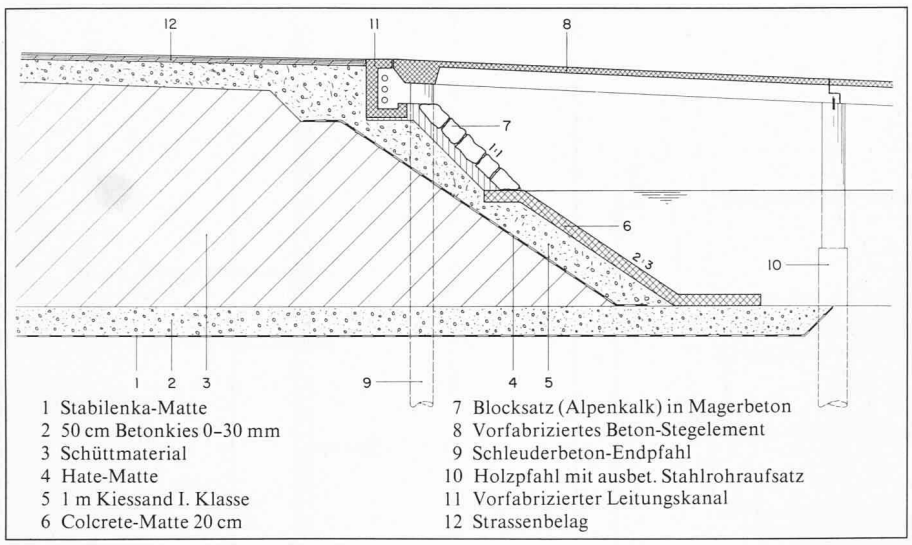


Bild 5. Böschungsabschluss beim Hafen

rungsdichte sehr stark variieren. Ab etwa 15 bis 20 m Tiefe sind sie vorwiegend sandig-siltig und glazial etwas vorbelastet. Darüber sind sie locker gelagert, und ihr Kornaufbau wechselt von sandigen Kiesen bis zu tonigen Silten. Im Hafenbereich, wo anfänglich umfangreiche Seekreideschichten vermutet wurden, reichen die eiszeitlichen Seeablagerungen praktisch bis zum Seegrund hinauf. Im Bereich der Werfthalle fallen sie seewärts ab, und ihre Oberfläche liegt am äusseren Ende der Schiffsliftstege bereits 13 m unter dem Seegrund. In diesem Gebiet liegen über den eiszeitlichen Seeablagerungen zunächst eine dünne Schicht von basalem Faulschlamm und dann vorwiegend Seekreide, welche am Ende der Schiffsliftstege eine Mächtigkeit von 12 m aufweist.

Uferverbreiterung, Uferschutz

Insgesamt wurden für die Uferverbreiterung *12 000 m³ Material* eingebaut. Das Gewässerschutzamt hatte Schüttmaterial mit weniger als 50% Feinanteil <0,06 mm verlangt. Als Schutz der provisorischen Böschung vor dem Ausschwemmen der Feinanteile wurde eine rund 1 m starke Auflage von Kies-Sand I. Klasse aufgebracht.

Die ersten beiden Etappen waren zeitlich so eng begrenzt, dass nicht immer genügend geeignetes Aushubmaterial beschafft werden konnte und daher zum Teil Wandkies verwendet werden musste. Anderseits erlaubte die Etappierung, die ersten beiden Schüttungen, welche im Bereich des Betriebsgebäudes und der Parkplätze liegen, zur *Vorwegnahme der Setzungen* provisorisch etwa 1,50 m höher auszuführen. Das überschüttete Material wurde später für die dritte Etappe verwendet.

Die ersten Schüttungen wurden mit Messungen der Baugrunddeformationen, der Porenwasserspannungen und des Setzungsverlaufes *intensiv überwacht*. Die Resultate ermöglichten eine zuverlässige Beurteilung der Vorgänge im Untergrund und der Zulässigkeit der angeordneten Überschüttung. Dank günstigen Ergebnissen konnte bei den folgenden Schüttetappen auf weitere Messungen verzichtet werden.

Der *Stabilität der definitiven Böschung* wurde besondere Beachtung geschenkt. Der gewählte Aufbau ist in Bild 5 dargestellt.

Hafenbauten

Trotz der Verlegung des Schiffshafens in Richtung See musste ein grosser Teil des Hafenbeckens um 0,5 bis 1,0 m auf Kote 403,50 m *ausgebaggert* werden, damit die Schiffe bei Niederwasser nicht mehr auf dem Seegrund aufliegen.

Die sieben neuen, freistehenden *Hafenstege* von 38 bis 58 m Länge und 2,0 bis 3,5 m Breite wurden aufgrund eines Unternehmervorschlages vorfabriziert. Die einzelnen Elemente von 6,5 bis 9 m Länge sind Beton-Rippenplatten von 40 cm Höhe und 10 cm Plattenstärke. Sie bilden eine Serie von einfachen Balken, welche untereinander und mit den Pfählen durch in Mörtel vergossene, rostfreie Stahldorne verbunden sind (Bild 7). Diese Lösung war in terminlicher Hinsicht vorteilhaft, konnte doch jeweils ein ganzer Steg *an einem Tag montiert* werden. An den Rippenplatten wurden seitlich die Leitungen angebracht, die für Versorgung und Entsorgung der Passagierschiffe erforderlich sind (Kaltwasser, aufbereitetes Kaltwasser, Brennstoff, Druckluft, Bilgenwasser und Fäkalienabwasser).



Bild 6. Pfahlversuch

Die Stege ruhen auf insgesamt 108 *Holzpfählen,* die vom Wasser aus gerammt wurden. Sie haben Durchmesser von 350 bis 400 mm und Längen von 9 bis 14 m. Über dem Wasserspiegel sind sie mit einem verzinkten, mit Beton verfüllten Stahlrohraufsatz versehen. Vom Ufer aus gerammt wurden die Endauflagerpfähle. Es sind *Schleuderbetonpfähle* von 400 mm Durchmesser und 14 bis 16 m Länge.

Für das Landen und Vertäuen der Schiffe wurden seitlich der Stege insgesamt 100 Prellpfähle gerammt. In der Regel sind dies wiederum Holzpfähle (∅ 200 bis 520 mm) mit ausbetoniertem, feuerverzinktem Stahlrohraufsatz.

Schiffsliftstege und Vorplatz

Zusammen mit der Werfthalle und der später beschriebenen Schiffshebeanlage bilden die genannten Bauwerke die technische Installation für das Auswassern und den Unterhalt der Schiffe. Sie bilden nicht nur funktionell eine Einheit, sondern sind auch baulich miteinander verbunden (Bild 3).

Die beiden *Schiffsliftstege* in Ortsbeton von 63,00 m Länge und 2,50 m bzw. 3,00 m Breite tragen je drei in Abständen von 18,00 m angeordnete Hubwerke. Diese Stege haben neben den vertikalen Lasten auch Horizontalkräfte (Wind auf die ausgewasserten Schiffe, Wellenschlag) aufzunehmen.

Fundation

Für die Fundation dieser Stege wurden *zwei Varianten* ausgeschrieben:

a) *Grossbohrpfähle* (∅ = 2 m) unter den Hubwerken, welche die horizontalen Lasten auf Biegung abgetragen hätten und
b) Pfahlroste aus *Injektionsrammpfählen.*

Die *letztere Lösung* erwies sich als deutlich wirtschaftlicher und wurde daher zur Ausführung gewählt. Unter jedem Hubwerk sind vier geneigte Pfähle an-

geordnet, welche bis in die Grundmoräne hinuntergerammt wurden. Dadurch entstehen bei jedem Hebewerk *stabile Pfahlböcke*, welche die Horizontalkräfte hauptsächlich axial in den Untergrund ableiten. Die Pfähle bestehen aus dem Rammrohr ∅ 325 bzw. 220 mm, an welches der Rammschuh ∅ 450 bzw. 350 mm angeschweisst ist. Das im Luft- und Wasserbereich sowieso erforderliche äussere Schutzrohr wird bis UK Seekreide hinuntergeführt, um mit Sicherheit eine lückenlose Injektionsgutsäule im Ringraum ausserhalb des Rammrohres zu erhalten. Dieses Schutzrohr ist feuerverzinkt und dient nicht nur als verlorene Schalung, sondern trägt auch wesentlich zur Erhöhung der Knicklast des Pfahles und zur Aufnahme der Kopfmomente der im Steg eingespannten Pfähle bei. Die Pfahlgruppe wurde mit dem Steg zusammen als Rahmentragwerk mit horizontal elastisch gebetteten, axial starr fundierten Stützen berechnet.

Bei der *Pfahlherstellung* wurde das Schutzrohr auf den Rammschuh gestülpt, mit einem Gummiring abgedichtet, ohne jegliche Rammenergie d.h. unter Wirkung des Eigengewichtes bis UK Seekreide geführt und dort kurz angerammt. Der zweite Schuss des Rammrohres wurde aufgeschweisst. Anschliessend wurde der Ringraum zwischen Schutz- und Rammrohr mit Injektionsgut gefüllt und erst dann der Rammschuh mit dem Rammrohr aus dem Schutzrohr heraus und in einem Zug unter dauerndem Injizieren auf die Endtiefe gerammt.

Wegen knappen Platzverhältnissen bot der *zug- und biegesteife Kopfanschluss* der Pfähle an den Steg einige technische und konstruktive Probleme. Schliesslich wurde eine kombinierte Lösung getroffen: Ein Teil der Schnittkräfte wird mit einbetonierten Walzprofilen in das Rammrohr eingeleitet, der Rest wird direkt ins Schutzrohr übertragen. Zu diesem Zweck wurde das Schutzrohr im Stegbereich in einzelne Lamellen aufgeschlitzt und diese Lamellen kronenförmig herausgebogen.

Schiffsliftstege

Die Schiffsliftstege sind als schlaff armierte *Durchlaufträger mit Rechteckquerschnitt* konzipiert. Ihre Höhe musste im Feld wegen den eingelassenen Kanälen für die Elektro- und Hydraulikleitungen der Hubwerke auf 40 cm festgelegt werden. Im Bereich der Hebewerke nimmt die Stegstärke kapitellartig auf 90 cm zu. Am Ufer sind die Stege monolithisch mit der Betonplatte des Werfthallenvorplatzes verbunden. Trotz einfachem Entwurf stellte die Herstellung der Stege hohe Anforderungen an die Unternehmung, denn die Arbeit musste mitten im Winter und unter grossem Termindruck erfolgen. Ausserdem liegt die Stegunterkante im Feld nur 60 cm, bei den Hubwerken gar nur 10 cm über dem mittleren Seespiegel.

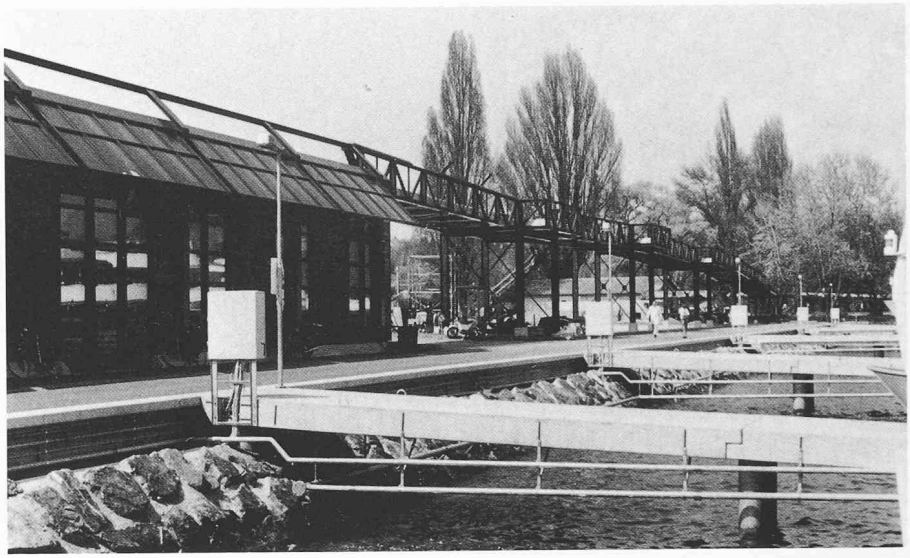


Bild 7. Uferböschung mit Alpenkalk-Blocksatz, vorfabriziertem Versorgungskanal und Hafenstegen. Dahinter die Fassade des Betriebsgebäudes und der Seeuferweg

Beim *Belastungsversuch* des Schiffslifts mit einem 440 t schweren Schiff wurden die Setzungen der Schiffsliftstege bei den sechs Hubwerken gemessen. Unter Last ergaben sich Einsenkungen von 1 bis 4 mm. Nach der Entlastung zeigten sich bleibende Setzungen von 1 bis 2 mm. Die horizontalen Verschiebungen betrugen unter Last 1 bis 4 mm und gingen bei der Entlastung auf Null zurück.

Ein horizontaler Belastungsversuch, bei dem zwischen den beiden Schiffsliftstegen eine Zugkraft von 100 kN aufgebracht wurde, ergab horizontale Verschiebungen von je 3 mm. Die gemessenen Deformationen waren in beiden Fällen 30–50% unter den – mit ungünstigen Annahmen – gerechneten Werten.

Aushub zwischen den Stegen

Damit die 16 m breite und 63 m lange Plattform auch bei Niederwasser unter die Kielhöhe der Schiffe abgesenkt werden kann, musste der Seegrund zwischen den Schiffsliftstegen bis auf Kote 401,0 m ü.M., das heisst bis zu 4 m tief ausgehoben werden. Das Ausbaggern konnte aus terminlich-technischen Gründen erst nach Fertigstellung der Schiffsliftstege erfolgen, was die Arbeit erheblich erschwerte. Gebaggert wurde vom Schiff aus mit dem Greifer. Das Material, etwa 4000 m³ Seekreide, wurde per Schiff in eine Unternehmerdeponie abgeführt.

Vorplatz auf verankerter Spundwand

Zwischen dem Schiffslift und dem Vorplatz der Werfthalle ergibt sich ein 6,5 m hoher Geländesprung, der mit einer schweren, bis 21 m langen Spundwand (Profil L 25, St SPS) gestützt wird. Die Spundwand wird über eine Betonplatte (Verlängerung der Bodenplatte der Werfthalle) auf eine Reihe von Pfahlböcken zurückverankert, welche die horizontalen Stützkräfte in den stabilen Untergrund ableiten. Die Pfahlböcke werden von je zwei 3:1 geneigten *Schleuderbetonrammpfählen* ∅ 400 bzw. 500 mm gebildet. Die ausgeführten Pfahllängen liegen zwischen 22 und 29 m. Um die Zugkräfte korrosionssicher in den Pfahlfuss hinunterzuleiten, wurden Armierungsstähle in den Hohlraum der Pfähle eingeführt und der ganze Hohlraum mit Zementmörtel ausinjiziert.

Die zulässigen Belastungen (Druck und Zug) der als «schwimmende» Reibungspfähle konzipierten Schleuderbetonpfähle wurden aufgrund eines *kombinierten Belastungsversuches* bestimmt: Über drei auf einer Geraden liegende Pfähle wurden Stahlträger montiert, in die beiden aussenliegenden Pfähle Diwidag-Spannstäbe einbetoniert und über dem mittleren Pfahl eine Presse angebracht. So konnten gleichzeitig ein Druck- und zwei Zugversuche durchgeführt werden (Bild 6).

Mittels zwei in der Betonplatte über der Spundwand angebrachten Messbolzen wurden die *Bewegungen der Spundwand* während des Ausbaggerns überwacht. Dabei wurde eine seeseitige Verschiebung von 5 mm festgestellt, was leicht über den Erwartungen von 3 bis 4 mm liegt.

Die Stahlbetonplatte des *Vorplatzes* und der Werfthalle wurde mit einem



Bild 8. Innenansicht der Werfthalle

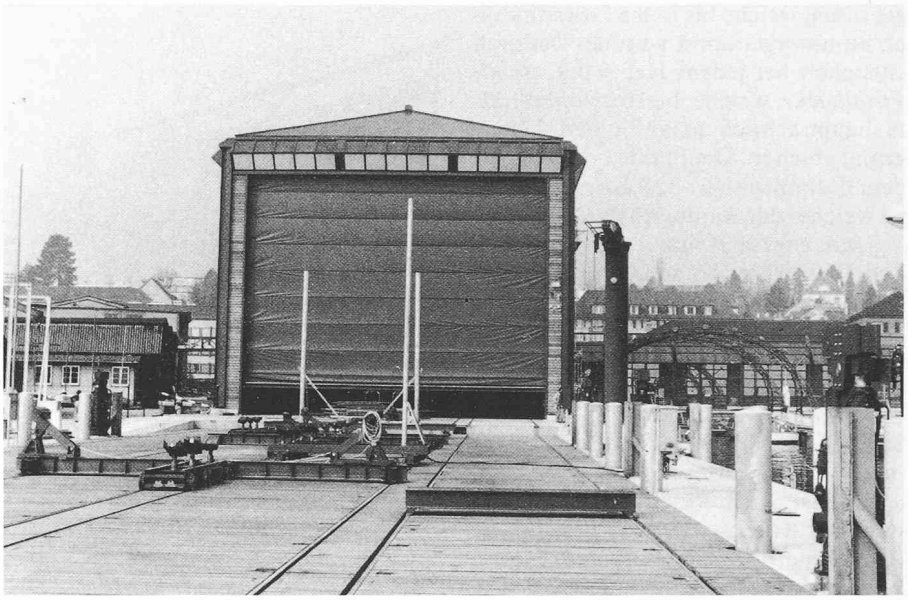


Bild 9. Blick von der Schiffslift-Plattform gegen die geschlossene Werfthalle. Rechts erkennbar: ein Schiffsliftsteg, Prellpfähle, Hubwerke und der Hafenkran

Vakuumverfahren hergestellt. Im Mittelteil weist die Platte zwei mit Aluminiumprofilen abdeckbare *Arbeitsgruben* von 2,00 m Breite, 0,70 m Tiefe und 30 m Länge auf.

Werfthalle

Die Werfthalle hat folgende *Abmessungen:* Breite 19,0 m, Länge 69,1 m, Traufhöhe 14,7 m, Firsthöhe 18,0 m.

Die Hallenrahmen sowie die Bodenplatte mit darin eingelassenen Geleisen für den Transport der Schiffe wurden mit *Schleuderbetonpfählen* fundiert. Insgesamt sind für die Werfthalle samt erwähntem Vorplatz und Abstützung der Spundwand 120 Schleuderbetonpfähle (93 ∅ 500 mm und 27 ∅ 400 mm) mit Gebrauchslasten von 650 bis 1000 kN gerammt worden.

Die Halle selbst ist eine *Stahlkonstruktion*. Ihre Haupttragelemente sind aus Breitflanschträgern gefertigte, geschraubte Zweigelenk-Querrahmen, welche in Abständen von 8,16 m angeordnet sind. Das Walmdach weist Pfetten aus IPE-Profilen im Abstand von 2,20 m auf, die Dachverbände werden aus Winkelprofilen gebildet. Die Zwischenstützen der Fassaden und die Längsriegel sind Breitflanschträger, während die Diagonalen der Längsverbände aus Rohren bestehen. Mit wenigen Ausnahmen sind *alle Montagestösse geschraubt*. Die Montage der Stahlkonstruktion erfolgte innert dreier Wochen mit einem Pneukran und einer hydraulischen Scheren-Hebebühne.

Die *Dacheindeckung* hat folgenden Aufbau: perforiertes Trapezblech über den Stahlpfetten, Windfolie, 10 cm Steinwollisolation, hinterlüftete Aluminium-Trapezbänder mit chromoxidgrüner Einbrennlackierung. Die verdeckten Dachrinnen sind mit Sarnafil-Folien ausgekleidet.

Die *Fassaden* bestehen aus 10 cm starken Leca-Dachplatten, einer 8 cm starken Steinwollisolation und einer hinterlüfteten, druckimprägnierten Holz-Stülpschalung als Aussenhaut.

Die hochliegenden *Fassadenoberlichter* dienen als oberes Beleuchtungsband, aber auch als Wetterschutz der Holzschalung. Zusammen mit den Fensterbändern, der Holzverschalung und den sichtbaren Teilen der Hauptstützen bilden sie ein wichtiges Gestaltungselement.

Die *Kranbahnen* bestehen aus IPE-Walzprofilen mit seitlichen Verstärkungen. Sie sind für zwei 160-kN-Laufkrane von 12,40 m Hubhöhe ausgelegt, von denen vorläufig erst einer installiert ist. Bei einer allfälligen Wiederaufnahme der früheren Schiffsneubau-Tradition würde ein zweiter Laufkran benötigt.

Für den *beweglichen Abschluss der Halle* gegen den See wurde aus einer Reihe von untersuchten Systemen (Rolltor, Falttor usw.) ein Trenomat-Torabschluss gewählt. Dieses Torsystem besteht aus horizontalen, liegenden Gitterträgern in Abständen von 1,40 m, welche untereinander mit Gliederketten verbunden sind. Innen und aussen ist diese Konstruktion mit PVC-Blachen verkleidet. Der Antrieb erfolgt mittels einer Stahlwelle und Gurtbändern. Zur Verbesserung der Isolation wurden bei den seitlichen Führungen Bürsten- und Gummidichtungen montiert.

Betriebsgebäude

Das *Raumprogramm* dieses rund 25 m breiten und 80 m langen Gebäudes umfasst die Mechaniker-Werkstatt, die Schlosserei, die Elektro-Werkstatt, die Malerei und Spritzerei, die Schreinerei, das Hauptmagazin, die Garderoben und den Verwaltungstrakt (Bild 10). Das eingeschossige Gebäude hat eine Höhe von 5,00 m. Im Verwaltungstrakt konnte für Archivzwecke ein Zwischenboden eingezogen werden.

Die Dachfläche wurde in die städtische Seeufergestaltung einbezogen. Im Rahmen des Seeuferweges über das Werftareal der ZSG wurde das Dach des Betriebsgebäudes als *Dachgarten* gestaltet (Bild 12). Die infolge der beträchtlichen Mehrlasten und den Isolationsproblemen entstandenen Mehrkosten am Gebäude werden von der Stadt Zürich getragen.

Etwa ein Drittel des Gebäudes kam noch auf bestehendes Terrain zu liegen. Weil in diesem Bereich Nutzlasten bis 20 kN/m² aufzunehmen waren (Motoren-Werkstatt und Schlosserei), lohnte es sich, die *Bodenplatte* «schwimmend» auszuführen, d.h. sie von den Pfahlbanketten der Tragkonstruktion abzufugen und auf einem Kieskoffer flach zu fundieren.

Die *Fundation* dieses Gebäudeteiles besteht aus 20 Ortsbetonrammpfählen (∅ 500 mm, Typ Franki). Dieser Pfahltyp wurde gewählt, weil aufgrund der geologischen Prognose in diesem Bereich erwartet werden konnte, mit 10 bis 15 m langen Pfählen mit Fusszwiebel auszukommen, während für Schleuderbetonpfähle Längen von 20 bis 25 m errechnet worden waren. Bei der Ausfüh-

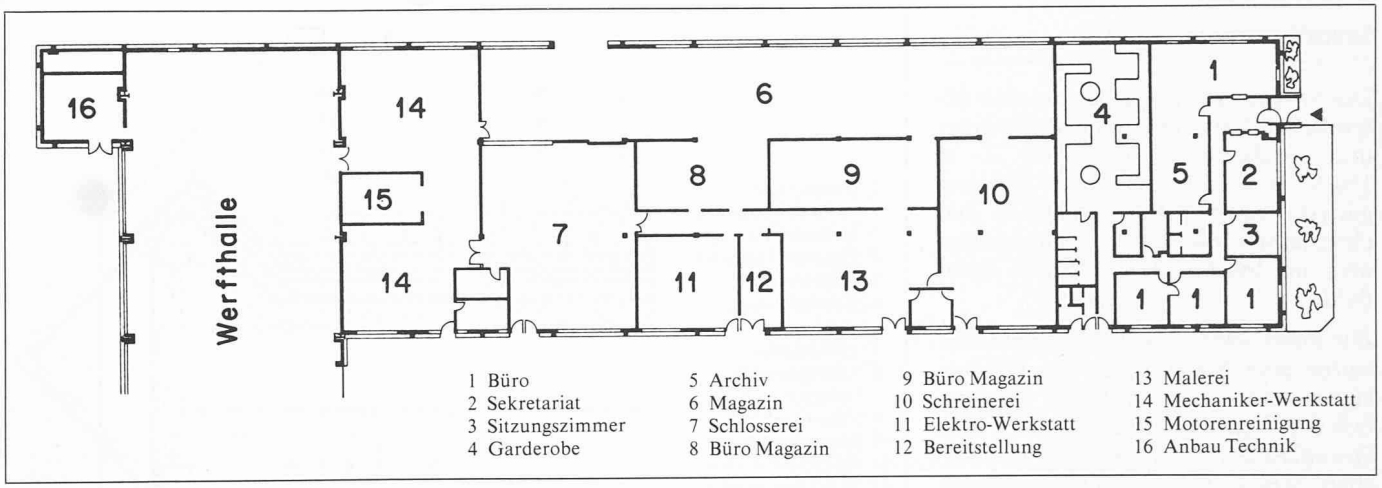


Bild 10. Grundriss Betriebsgebäude, mit Raumprogrammen

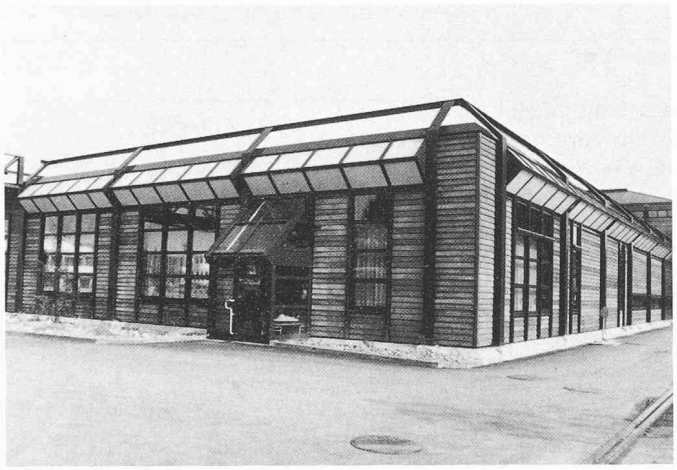


Bild 11. Fassade Betriebsgebäude

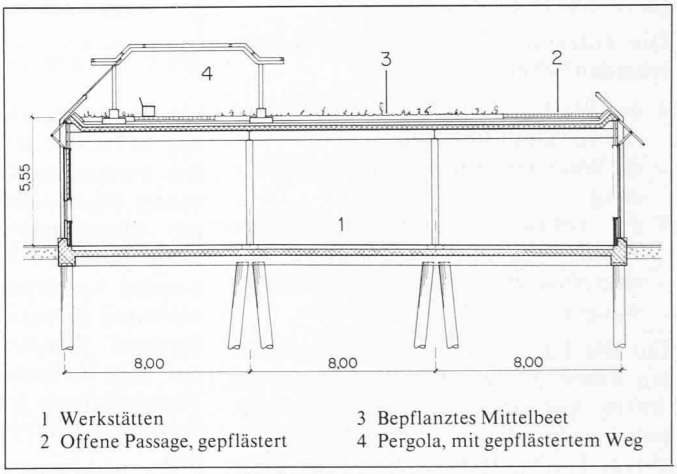


Bild 12. Querschnitt Betriebsgebäude, mit Dachgarten

rung der Pfähle ergaben sich aber so geringe Rammwiderstände, dass die Pfähle 18 bis 26 m lang ausgeführt werden mussten. Aufgrund dieser Erfahrung wurde später auch die westliche Hälfte der Werfthalle mit Schleuderbetonpfählen fundiert.

Der übrige Teil des Betriebsgebäudes liegt im Bereich der Auffüllung des ehemaligen Hafenbeckens. Da diese Schüttung noch über längere Zeit gewisse Setzungen erleiden wird, konnte hier die Bodenplatte nicht schwimmend ausgeführt werden. Es wurden hier 48 Schleuderbetonpfähle (∅ 500 mm) von 22 bis 30 m Länge gerammt. Bei der Ausführung dieser Pfähle, welche als Reibungspfähle dimensioniert waren, ergab sich die unerwartete Situation, dass die ersten Pfähle beim Erreichen der Richtlänge plötzlich festsassen. Sie hatten offenbar die Moränenoberfläche erreicht. Um nicht nahe beieinanderliegende Pfähle mit stark unterschiedlichem Setzungsverhalten zu bekommen, wurde deshalb beschlossen, alle Pfähle auszurammen. Dabei ergaben sich *stark unterschiedliche Pfahllängen,* da die Moränenoberfläche offenbar recht unregelmässig verläuft. Im Extremfall traten Längendifferenzen von 5 bis 6 m auf Pfahldistanzen von 3 bis 6 m auf.

Die *Tragkonstruktion* des Betriebsgebäudes weist einen Stützenraster von 8,00 × 6,00 m auf. Bei den Werkstätten wurden die Abstände wo nötig auf 8,00 × 12,00 m vergrössert (Bild 4). Die Stützen bestehen aus Breitflanschträgern; die Längsträger in den Mittelachsen sind IPE- und Breitflanschprofile; die in Abständen von 3,00 m angeordneten Dach-Querträger bestehen aus IPE-Profilen. Längs- und Querträger arbeiten im Verbund mit der 16 cm starken Stahlbeton-Dachplatte. Als Verbundmittel wurden geschweisste Kopfbolzendübel verwendet. Die Dachplatte wirkt gleichzeitig als steife Dachscheibe. Die Stabilität des Gebäudes wird durch Vertikalverbände gewährleistet. Nur wo aus betrieblichen Gründen Diagonalstäbe unerwünscht waren, wurden Rahmenkonstruktionen angeordnet. Die Montagestösse wurden geschraubt.

Die *Fassadenkonstruktion* besteht von innen nach aussen aus 12 cm Kalksandsteinmauerwerk, 8 cm Steinwollisolation und einer hinterlüfteten, druckimprägnierten Holz-Stülpschalung (Bild 11 und 14).

Die wärmegedämmten *Fenster* mit Aluminiumrahmen sind dreifach isolierverglast. Die seitlichen Oberlichter sind ebenfalls dreifach verglast, mit Stegplatten aus Makralon. Bild 13 zeigt einen Schnitt durch Dachgarten und Fassade.

Die nichttragenden *Zwischenwände* wurden als 18 cm starke Kalksandsteinwände ausgeführt.

Die Ausbildung des *Bodens* wurde wie folgt gewählt (Bild 14): Auf die tragende Stahlbetonplatte wurde als Abdichtung gegen aufsteigende Feuchtigkeit eine Alu-10-B-Folie geklebt. Darüber folgen eine 8 cm starke Wärmeisolation und zuoberst die 12 cm starke, armierte Vakuumbeton-Fussbodenplatte mit den eingelegten Heizleitungen.

Die mechanische Werkstätte und die Schlosserei sind mit je einem elektrischen *Laufkran* 32 kN × 12 m ausgerüstet, während im Magazin ein *Handlaufkran* 10 kN × 7 m installiert ist.

Installationen

Die *Stromversorgung* geht von einer öffentlichen Trafostation aus und erfolgt mit parallelen Kabeln von 3 × 150/95 mm². Die maximale Übertragungskapazität beträgt 450 kVA. Die elektrischen Installationen entsprechen dem im Industriebau üblichen Standard.

Zur *Beheizung* der neuen Werftgebäude wurde eine Niedertemperatur-Heizanlage erstellt. Sie ist im Anbau südwestlich der Werfthalle untergebracht. Die Grundlast des Wärmebedarfes wird mit einer Seewasser-Elektro-Wärmepumpe von 330 kW Leistung gedeckt. Für den Spitzenbedarf und als Reserve ist ein ölgefeuerter Heizkessel installiert.

Die einzelnen Gebäude werden verschieden beheizt:

- die Werfthalle durch Luftheizapparate für Umluftbetrieb
- die Werkstätten durch Fussbodenheizung
- die Verwaltung und Meisterbüros durch Fussbodenheizung und Zusatzradiatoren an den Fensterbrüstungen.

Für die Lagerung von *Dieselöl* wurde ein unterirdischer *Stahlbetontank von 160 m³ Nutzinhalt* erstellt. Der Tankinhalt entspricht in der Hochsaison einem Treibstoffvorrat von etwa zehn Tagen.

Verkehrserschliessung, Gestaltung der Umgebung

Das Werftgelände ist vom Mythenquai her *mit Strassenfahrzeugen* erreichbar. Die internen Strassen wurden für Lastwagenverkehr ausgelegt und sind asphaltiert. Neben dem Haupteingang sind ein Unterstand für Zweirad-Fahrzeuge und ein kleiner Parkplatz für Personenwagen vorhanden. Nördlich des Betriebsgebäudes befinden sich weitere Parkplätze. Die Werfthalle hat auf der Nordseite eine Lastwagen-Einfahrt. Anlieferungen für die Werkstätten und das Magazin können auch auf der Westseite des Betriebsgebäudes erfolgen. Dort ist eine für den Ablad von Lastwagen wie von Eisenbahnwagen geeignete, versenkbare Scheren-Hebebühne angebracht.

Der vorhandene *Industriegleis-Anschluss* zum Bahnhof Zürich-Wollishofen wurde auf dem Werftareal erneuert. Das Gleis wurde als einbetoniertes Doppelschienengleis in den Asphaltbelag eingelassen. Die Gleisentwässerung wurde mit der Platzentwässerung kombiniert. Im Bereich des Umschlagplatzes für Dieselöl wurde den Vorschriften des kantonalen Gewässerschutzes mit einem ölfesten Belag und einer separaten Oberflächenentwässerung Rechnung getragen. Für den Werftneubau wurden verschiedene gewichtige Bauelemente (Schiffslift-Plattform, vorfabrizierte Schleuderbetonpfähle usw.) auf dem Schienenweg angeliefert. Im Normalbetrieb wird die Treibstoffversorgung zur Hauptsache per Bahn erfolgen.

Zur *Gestaltung und Auflockerung des Werftgeländes* wurden, wo der Werftbetrieb dies zulässt, Grünflächen angelegt sowie Hecken und Bäume gepflanzt. Nicht dauernd stark befahrene Flächen wurden als Kiesplätze, als Plätze mit chaussierter Oberfläche oder als Schotterrasen angelegt.

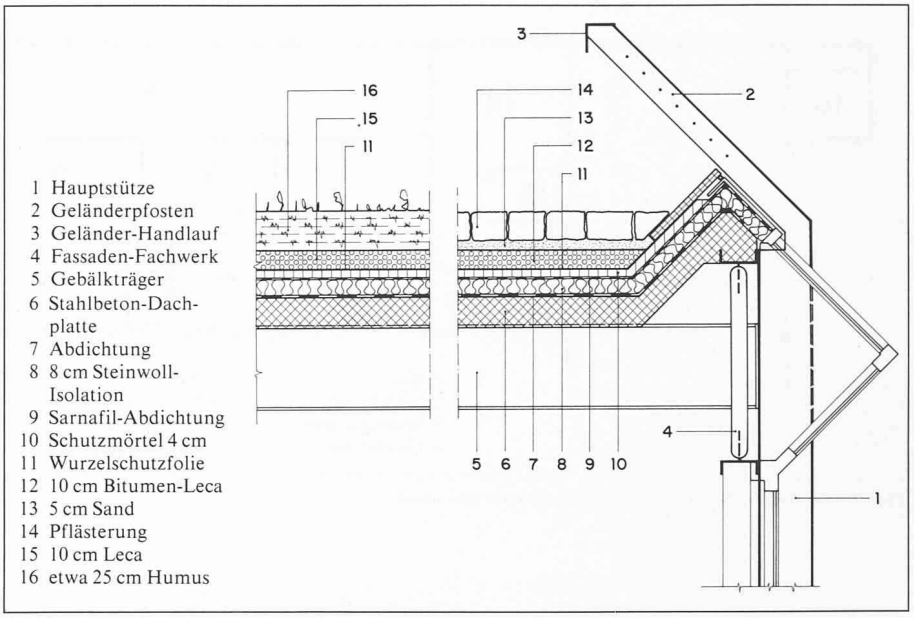


Bild 13. Dachdetails Betriebsgebäude

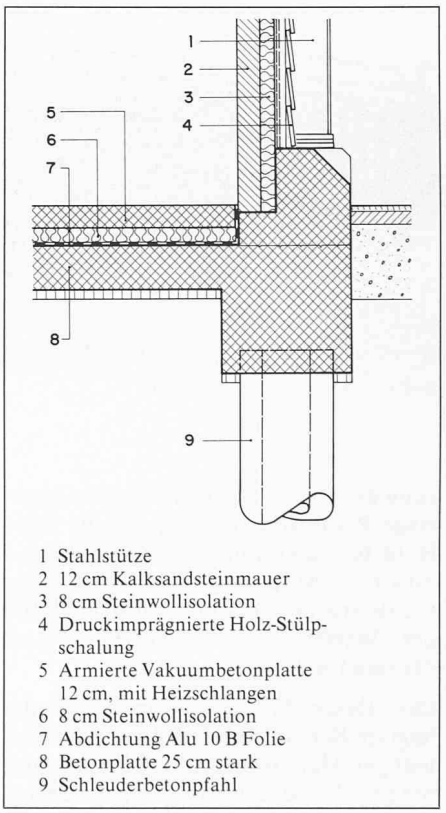


Bild 14. Fassaden- und Bodendetails Betriebsgebäude

Besondere Aspekte der Bauausführung

Schon im Stadium der Submission war klar, dass die termingerechte Bewältigung des grossen Bauvolumens die Bauunternehmung vor grosse technische und organisatorische Probleme stellen würde. Neben den schon früher erwähnten Randbedingungen der Bauherrschaft bereiteten vor allem Sorgen

- die im Bauprogramm vorgesehenen Winterarbeiten wegen der Personalsituation am Jahresanfang
- die im Verhältnis zu den Bauleistungen äusserst engen Platzverhältnisse
- die Koordination mit dem Werftbetrieb und mit anderen, am gleichen Bau tätigen Unternehmern.

Kennzeichnend und typisch für die ungewöhnliche Arbeitssituation war die *Fundation,* welche überwiegend aus Pfählungsarbeiten bestand. Die grosse Verschiedenheit der Fundationsarten infolge komplizierter Untergrund- und Lastverhältnisse führte dazu, dass *vier verschiedene Pfahlarten,* nämlich Stahlrohr-Mörtel-Verpresspfähle für die Schiffsliftstege, Schleuderbetonpfähle für die Werfthalle, Frankipfähle für das Betriebsgebäude und Holzpfähle für die Hafenstege, auszuführen waren. Zählt man die Spundwandarbeiten hinzu, so ergab sich Anfang November 1982 eine starke Konzentration von *fünf Rammequipen* mit den zugehörigen Geräten, welche gleichzeitig auf



Bild 15. Rammeinrichtungen, die auf engstem Raum arbeiten



Bild 16. Bau der Schiffsliftstege

engstem Raum arbeiteten (Bild 15). Da auch die auf Schwimmbatterien arbeitenden Equipen vom Land her versorgt werden mussten, waren die Arbeiten stark ineinander verflochten. Besonders die Lagerplätze wurden mehrfach belegt, was ständige Umdispositionen erforderte.

Nachdem die Rammarbeiten im Dezember 1982 abgeschlossen werden konnten, wurde am 3. Januar 1983 mit den *Stahlbetonarbeiten der Schiffsliftstege* begonnen. Ein Grossaufgebot von 27 Leuten war aufmarschiert. Hauptproblem war die Erstellung der Lehrgerüste über den Pfählen. MV-Pfähle sind üblicherweise recht stabile Gebilde. Hier jedoch - sechs Meter frei im Wasser stehend und darunter Schichten mit geringer Lagerungsdichte durchstossend - erwiesen sich diese Pfähle als elastische Stangen, die mühelos von Hand hin und her bewegt werden konnten. Erst nachdem die Pfähle zu Gruppen zusammengefasst und diese Gruppen provisorisch untereinander verbunden waren, konnten pro Steg die 70 t Stahl für das Lehrgerüst ab Schwimmbatterie eingebaut werden. Aus Termingründen mussten für die beiden gleichen Stege zwei Lehrgerüste hergestellt werden (Bild 16).

Der *Betoniervorgang* war bei beiden Stegen gleich: Zuerst wurden die drei Kapitelle unter den Hubwerken betoniert. Damit waren die Pfahlgruppen in der Lage, Seitenkräfte aus Wind und Wellenschlag aufzunehmen. Nach dem Anbringen einer seitlichen Seilverspannung wurden in rascher Folge die beiden Mittelfelder, das seeseitige Endfeld und das landseitige Randfeld betoniert.

Für die Betonmischung waren einige *Vorversuche* nötig. Schliesslich wurde ein Pumpbeton mit Körnung 0-16 mm, einem Zementgehalt von 350 kg/m³ mit 0,4% Luftporenbildner und 0,8% Verflüssiger eingebracht. Auch am Ende der Pumpleitung waren noch 5-6% Luftporen vorhanden, so dass die geforderte Frost-Tausalz-Beständigkeit erreicht sein dürfte. Die Oberfläche der Stege wurde mit einem Lonsicar-Abrieb versehen.

Dank dem milden Winterwetter 1982/83 und einer grossen Kraftanstrengung der Bauunternehmung konnten die Stege rechtzeitig fertiggestellt werden, so dass im April 1983 mit der Montage der Schiffslift-Plattform begonnen werden konnte.

Termin- und Kostenüberwachung

Die mehrfach erwähnten Randbedingungen und die vielfache Verflechtung der Arbeiten bedingten eine *enge Zusammenarbeit* zwischen Bauherrschaft, Bauleitung und Unternehmungen. An regelmässigen Bausitzungen wurde der Arbeitsfortschritt festgehalten, die kommenden Probleme besprochen und das Vorgehen koordiniert.

Zur *Kontrolle der Ausgaben* wurden periodisch Finanzrapporte erstellt. Die Baukommission prüfte jede Vergebung daraufhin, ob sie im Rahmen des Kostenvoranschlages liege und ob die Ausgabe nötig sei. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Termine eingehalten werden konnten und dass die Schlussabrechnung *im Rahmen des Kostenvoranschlages* liegen wird.

Am Werftneubau Beteiligte

Bauherr
Zürichsee-Schiffahrtsgesellschaft (ZSG), Zürich

Projekt und Bauleitung

Architekten:
S + M Architekten, Zürich

Bauingenieure:
Ingenieurgemeinschaft Werftneubau ZSG: Büro Dr. Vollenweider, Zürich und Ingenieurbüro E. Studer, Zürich

Baugrunduntersuchungen:
Dr. von Moos AG, Zürich

Heizungsingenieur:
Berchtold AG, Thalwil

Sanitär-Ingenieur:
Müller & Sigrist AG, Zürich

Elektro-Ingenieur:
Th. Meyer AG, Stäfa

Vermessungsingenieur:
Schenkel Vermessungen AG, Zürich

Haupt-Unternehmungen

Bauunternehmung:
Arbeitsgemeinschaft Werftneubau Wollishofen (Locher & Cie. AG, Zürich; Bless Bauunternehmung AG, Zürich; Ed. Züblin & Cie. AG, Zürich)

Stahlkonstruktion
Schneider Stahl- und Kesselbau AG, Jona

Krananlage:
Gromag, Luzern

Adressen der Verfasser: *E. Studer*, dipl. Bauing. ETH/ASIC, Ingenieurbüro, Richard Wagner-Strasse 19, 8002 Zürich; *U. von Matt*, dipl. Bauing. ETH, c/o Büro Dr. U. Vollenweider, Hegarstrasse 22, 8032 Zürich; *W. Meier*, Architekt, c/o S + M Architekten, Markusstrasse 10, 8042 Zürich; *J. Adank*, Ingenieur HTL, Vizedirektor, c/o Locher & Cie. AG, Pelikanplatz 5, 8001 Zürich.