

Umbau und Torneubau der Werft 2 im Flughafen Zürich

Autor(en): **Weinmann, Fritz / Huber, Paul / Altenburger, Willi**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **101 (1983)**

Heft 40

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75199>

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.

Stahlbau

Weder eine Tagung noch ein Jubiläum geben Anlass zu dieser Nummer. Vielmehr geht es darum, die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Stahlbauweise hervorzuheben. Aus den traditionellen Gebieten Stahlbrückenbau und Stahlhochbau zeigen wir eine Rohrleitungsbrücke, ein neues Hallentragsystem und kritische Gedanken zur Konstruktion von Rundhallen.

Künftig spielen Umbauten vermehrt eine Rolle. Da sie die Gebäudenutzung unterbrechen, wird die kurze Bauzeit zur wichtigen Randbedingung. Bei grösseren Abmessungen entstehen

dadurch komplexe Aufgaben, wie beispielsweise bei der Toranlage einer Flugzeugwerft. Anders nach einem Brandfall im Fabrikbetrieb: hier ist der einfache und rasche Wiederaufbau gefragt.

Es folgen zwei Sonderfälle, nämlich der Bau eines Antennen-trägers im Hochgebirge und ein Stahlbaubeitrag bei der Herstellung der Trägerrakete Ariane 4. Die Nummer entstand in Zusammenarbeit mit der Schweiz. Zentralstelle für Stahlbau, über deren Ziele abschliessend orientiert wird.

B. M.

Umbau und Torneubau der Werft 2 im Flughafen Zürich

Von Fritz Weinmann und Paul Huber, Zürich, und Willi Altenburger, Bülach

Als technische Basis für den Airbus A-310 der Swissair wurde die über 20jährige Werft 2 im Kloten bestimmt. Ihre 192 m lange Torfront musste zu diesem Zweck von 16 auf 18 m lichte Durchfahrt erhöht werden. Weitere Umbauten betrafen Krananlage, Büroeinbauten und Brandschutzmassnahmen. Insgesamt waren komplexe Aufgaben innert kurzer Zeit zu lösen.

Das Projekt aus der Sicht des Architekten

Einleitung

«Torneubau» ist ein bescheidener Ausdruck für die in quantitativer und qualitativer Hinsicht *mannigfaltigen Planungs-, Konstruktions- und Bauaspekte* am Objekt Werft 2 auf dem technischen Areal des Flughafens Zürich. Die

Flughafen-Immobilien-Gesellschaft (FIG) als Bauträgerin erstellte die jetzt präsentierten Anlagen für die Schweizerische Luftverkehrs AG

(Swissair) als «Mieterin» zur Unterbringung und Wartung der im Frühjahr 1983 einzusetzenden Flugzeuge Typ A 310 (Airbus). Da die *Einfahrtshöhe* der betreffenden Werft 2 für diese Flugzeuge A 310 und A 300 zu gering war, wurde die gesamte Torfront von 192 m Länge *um 2 m erhöht*. Nachfolgende Beschriebe erläutern dieses «Kernstück» innerhalb des gesamten Baugeschehens (Bild 1).

Gesamtprojekt - Koordination

Zukünftigen betrieblichen Anforderungen angepasste *bauliche und techni-*

sche Sanierungen erfolgten an Installationen, Transportanlagen und Energieversorgung.

Die Instruktions-, Werkbüro-, Aufenthalts- und Lagerräumlichkeiten umfassenden *Einbauten* (Horste, total über 2000 m³ umbauten Raum) sind für «Betrieb rund um die Uhr» konzipiert – vollklimatisiert, schallgeschützt und gegen Blendung durch die Hallenbeleuchtung geschützt.

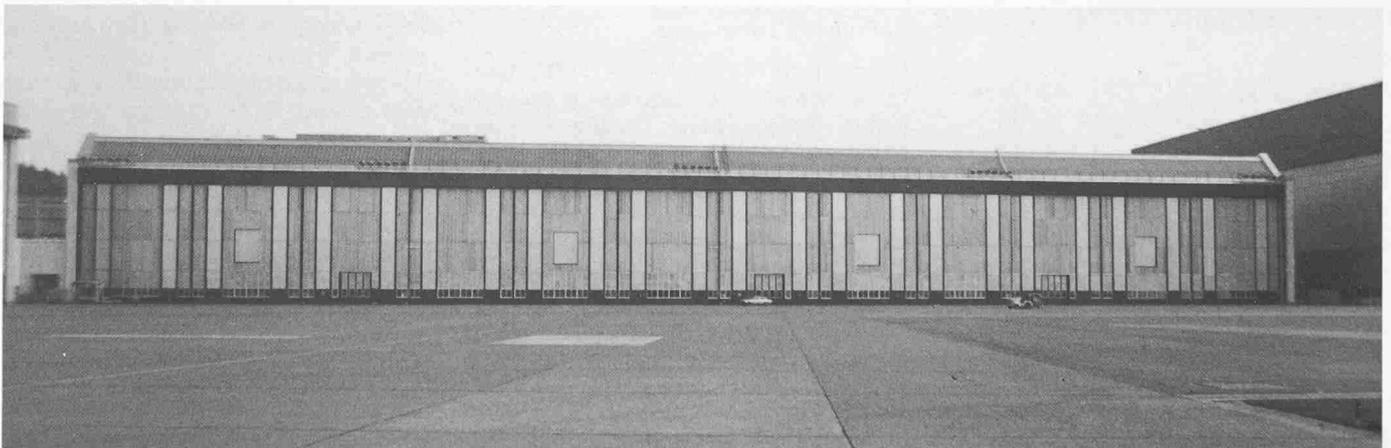
Hauptaufgabe des Architekten war die *Koordination der betrieblichen und technischen Belange* mit den baulichen Mitteln, Möglichkeiten und Terminen, in Zusammenarbeit mit der Bauherrin, den Projektanten der technischen Installationen, dem Bauingenieur und den Unternehmern – neben Kostenhaltung und ästhetischer Gestaltung.

Bauliche Massnahmen

Nach Prüfung der bestehenden Tor-schienen, deren Fundamenten und Pfählung gelangten nachfolgende *Hauptarbeiten am Werftrakt* zur Ausführung:

- Demontage der alten Tore

Bild 1. Ansicht der fertigen Toranlage



- Ausbau des bestehenden Torkastens zur Wiederverwendung und Abbruch der Kragstübe
- Neukonstruktion der abgebrochenen Tragelemente und Versetzen neuer, höherer Tore
- Ersetzen der demontierten Bedachung, Verglasung, Fassadenanpassung
- Demontage und Neumontage aller tangierten Installationen wie Kran-, Delugeanlagen, Elektro-, Heizungs-, Lüftungs- und Beleuchtungsinstallationen nach Sanierung der torseitigen Hallenkonstruktion
- Sanierung und Erweiterung der Einbauten (speziell isolierte Leichtbauweise)
- Einbau einer 400-Hz-Anlage
- Krananlagen-Montage
- Erstellung und Demontage einer provisorischen Abschlusswand von 1250 m² zur Aufrechterhaltung des Werkbetriebes während der Bauzeit in einem Viertel des Hallentraktes (Boxe F)
- Ersetzen der bezüglich Brandschutz und Wärmeisolation ungenügenden Boxen-Trennwand
- Gerüstungen, freistehend, von total etwa 17 000 m² für Montage und Ausrüstung der Toranlagen, Trennwände und Malerarbeiten
- Malerarbeiten an Gebäude, Konstruktionen und Toranlagen.

Kosten

Toranlage: Fr. 7 800 000.-

- Stahlkonstruktion
- Fahrwerke
- Hydraulische Antriebe
- Elektrische Ausrüstung
- Verkleidung, Verglasung und Isolation

Gebäudeanpassung (Erhöhung):

Fr. 2 750 000.-

- Stahlkonstruktion Dach
- Dachhaut und Verglasung
- Seitliche Betonwände
- Hausinstallation (Heizung, Lüftung, Elektrisch und Sanitär)
- Bau- und betriebsbedingte Provisorien

Infrastruktur: Fr. 4 650 000.-

- Krananlagen
- Klimatisierte und schalldichte Büroebenen
- 400-Hz-Anlage
- Trennwandisolation
- Windfang
- Betriebstechnische Anlagen

Total Kosten Umbau/Torneubau:

Fr. 15 200 000.-

In den oben erwähnten Kosten sind sämtliche Vorbereitungs- und Folgear-

beiten, Honorare und Baunebenkosten berücksichtigt.

Termine

Bauprojekt-Eingabe: 29. Februar 1980
 Kostenvoranschlag: 28. April 1980
 Baubeginn: 5. Oktober 1981
 Betriebsübergabe: 29. Oktober 1982

Technischer Beschrieb

Aufgabenstellung

Die Werft 2 in Kloten ist eine Halle von 192,5 m Länge, deren Nordwestfassade bisher von 16 m hohen und 8 m langen fahrbaren Torelementen gebildet wurde. Die Torelemente werden *oben in einem räumlichen Fachwerkträger* mit horizontalen Schienen – dem Torkasten – und *unten auf einen kräftigen Betonträger*, der auf Pfählen ruht, mit vertikalen, einbetonierten Schienen geführt. Diese *zweigleisigen Bauteile* mit einem Schienenabstand von 580 mm waren auch für die neuen, 18,41 m hohen Tore aus finanziellen und bauzeitlichen Gründen zu erhalten.

Änderung der oberen Torführung

Die Werfthalle 2, eine Kragträgerkonstruktion, auf der Südseite abgespannt und *mit asymmetrischem Satteldach*, dessen steilere und kürzere Seite über dem Torkasten zur Belichtung mit Glas eingedeckt war, eignete sich besonders gut für das Höhersetzen des Torkastens. Die *Auslegerfachwerke torseitig der Firstträger* waren mit geringerem Neigungswinkel neu anzufertigen und an den entsprechend abgeänderten Knotenblechen anzuschliessen. Mittels *Präzisionsvermessung* der alten relativen Lage der Ankerbolzen zwischen Torkasten und Ausleger und deren Übertragung auf das neue System hat der Ingenieur heikle Richtarbeiten an einer sehr empfindlichen Konstruktion vorgenommen. Das Wiedereinsetzen der Torkasten gelang auf den ersten Anlauf.

Aufbau der Toranlagen

Die neue Nordwestfassade ist eingeteilt in *vier Schiebetoreinheiten* zu je drei gelenkig gekuppelten Torflügeln von 18,41 m Höhe und 15,97 m Länge. Diese Schiebetore mit 48 m Länge decken eine ganze Flugzeugboxe ab und gestatten einen rationelleren Betrieb als vorher, da nur ein Drittel der Länge von einem Mann bedient werden konnte. Die *Sockelpartien* der Tore sind aussen mit einfachen versteiften Stahlblechen und innen mit doppelwandigen und mit Steinwolle gefüllten Elementen verkleidet. Über dem 1,15 m hohen Sockel

zieht sich ein dreiteiliges *Fensterband* aus einem festen Isolierglas und zwei Thermoluxgläsern von je 1,18 m Höhe durch. Deren Leichtmetallrahmen sind vollständig isoliert und gegen Wasser abgedichtet. Die *obere Verkleidung* der Tore ist zweischalig aufgebaut, aussen eine Wetterhaut mit Profilblechen aus Aluman, mit Steckverbindungen auf die Unterlage, einwandfrei hinterlüftet und durchgehend nach aussen entwässert, innen eine Wärmeschutzwand mit Sandwich-Elementen aus abgekanteten allseitig geschlossenen Blechkasten von 50 mm Stärke, gefüllt mit Steinwolleplatten. Alle *Fugen* sind mit Dichtungsbändern beschichtet. Die Dichtung zwischen den Torflügeln übernimmt ein beim Kuppeln der Flügel vorgespanntes Neoprene-Kastenprofil. Die Dichtung gegen Torschwelle, Brandmauer und Torkasten erfolgt mit langhaarigen Bürsten.

Das Stahlgerippe

Das Stahlgerippe der einzelnen Torflügel (Bild 2) erfüllt besonders hohe Anforderungen konstruktiver wie statischer Art. Zuerst war die *vorgegebene Spurweite* der beiden Torbahnen von 580 mm zu beachten, die eine minimale Breite der Fahrgestelle verlangte und damit auch den Aufbau des Chassis bestimmte. Die *Verformung* des fahrenden Torflügels unter Windbelastung vor einem stehenden Flügel ist massgebend für den Zwischenraum der beiden. Die gewählte Konstruktion mit Torständern aus Breitflanschträgern (HEA 600) erreicht eine Durchbiegung von 40 mm. Andererseits erfordern die Fahrgestelle inkl. Verkleidung auf der Gegenseite des Motors eine minimale Einbaubreite von 260 mm. Alles zusammengerechnet verbleiben von den 580 mm Spurweite noch 20 mm für Toleranzabweichungen und Lichtmass zwischen zwei Torflügeln. Der Ingenieur konnte deshalb nicht nach den neuen SIA-Normen 161 (1979) konstruieren, sondern für einen Stahlbau nur noch *äusserst harte Toleranzvorschriften* erlassen.

Die paarweise zu Montageeinheiten zusammengesetzten Torständer (HEA 600) mit eingeschweissten Riegeln und Diagonalen, Fahrwerkkonsolen und -führungen, Fenster- und Fassadenanschlüssen, Anschlüssen für Fahrgestellkasten, mit aufgesetzten oberen Führungsrollen, bilden die *Haupttragelemente* der vertikalen und horizontalen Torbelastung und im Unterteil das Chassis für die Fahrgestelle.

Die *oberen Abschlussriegel* der Torflügel sind den alten Toren entnommen und modifiziert auf der Baustelle mit den Torständern verschweisst worden.

Die unteren Riegel in den Sockelpartien sind räumliche Fachwerkträger in Leichtbauweise, auf Montage mit Passschrauben zwischen die Torständer eingesetzt. Die übrigen horizontalen Riegel mit 240 mm Profilhöhe wirken als Durchlaufträger mit Kragarmen über die gesamte Flügellänge. Sie sind mit biegesteifen Stirnplattenstössen und HV-Schrauben an die Torständerriegel angeschlossen und tragen an den Enden die Verbindungslaschen für Diagonalstäbe, Stossdämpfer und Kupplungen. Die zulässige Geradheit bezüglich der Konstruktionsebene (äussere Flanschen der Torständer) ist auf ± 2 mm festgelegt. Die Riegel liegen 167 mm hinter genannter Konstruktionsebene, damit Raum schaffend für Torverkleidung und Fenster, jedoch 180 mm vor Innenkant-Torständer, damit Platz bietend für Hubtore und deren Gegengewichte samt Verschalung. Die Diagonalstäbe aus Stahlrohr (ROR 88,9 \times 5) in der Riegelebene werden nicht nur durch das Eigengewicht des Tores beansprucht, sondern übertragen zur Hauptsache Massenkkräfte, die beim Anfahren, Bremsen und bei Aufprall über die Stossdämpfer und Kupplungen wirksam werden. Die seitlichen Torflügelabschlüsse werden von einem durchgehenden, fünffach angekanteten C-Profil aus 6-mm-Blech gebildet, sind über Anschlusslaschen mit den Riegeln verbunden und hinter dem Abdeckblech mit 50 mm Steinwolle isoliert. Sie tragen oder führen stirnseits das Neoprene-Kastenprofil oder halten den Dichtungslappen aus Neoprene zwischen beiden Torbahnen.

Mechanische Ausrüstung

Vier Torflügel, je in Mitte der Flugzeugboxen, sind mit einer Öffnung für den Abgasstrom von Hilfstriebwerken der Flugzeuge versehen. Normalerweise sind sie durch die eingebauten Hubtore 3,77 m \times 4,94 m i.L. verschlossen. Drei Torflügel, je an den Boxengrenzen stehend, sind mit einem Hubtor von 4,5 m \times 5,0 m i.L. für die Durchfahrt von Lastwagen oder Feuerwehrgeräten ausgerüstet. Alle Hubtore laufen mit Gegengewichten an Buchsentreibketten. Der elektrische Antrieb erfolgt über Reduktionsgetriebe und Umlenkgetriebe synchron auf die tragenden Kettenräder. Hubtore wie Gegengewichte werden bei Kettenbruch durch besondere Absturz Sicherungen in ihrer momentanen Lage festgeklemmt. Neben diesen Hubtoren sind Servicetüren für das Personal eingebaut.

Die einzelnen Torflügel bringen etwa 38 t auf die Schiene, eine Masse, die vier Laufrollen in zwei Fahrgestellen aufgeladen werden kann. Die Räder haben

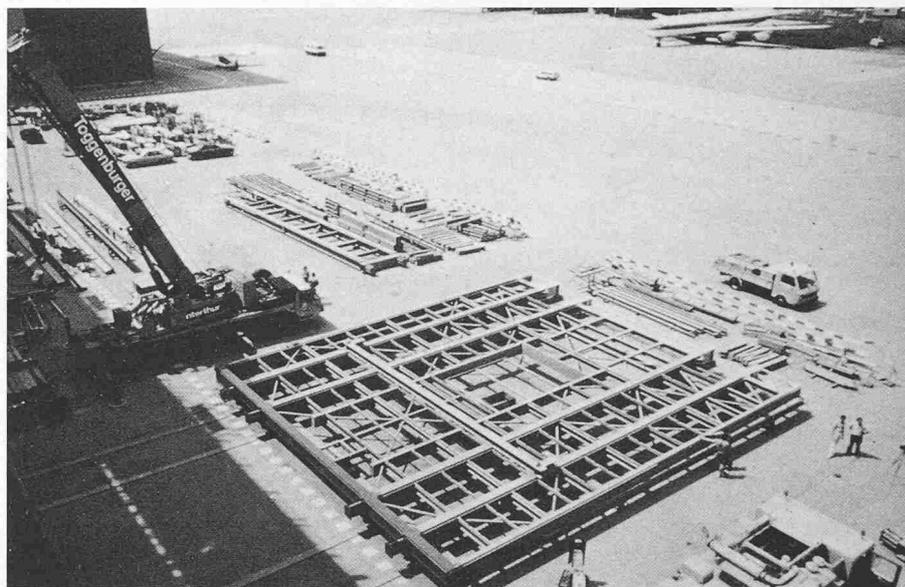


Bild 2. Stahlgerippe eines Torflügels. Zusammenbau der Konstruktion am Boden vor der Werft

aber auch beachtliche Horizontalkräfte infolge Windlasten, in unserem Falle zwei Drittel der vertikalen Lasten, auf die Fahrgestelle zu übertragen. Die Fahrgestelle bestehen aus einem torsionssteifen Sattelträger mit angeschweissten Kipplagerkonsolen, einem dort gelagerten Drehbolzen des Fahrschemels, dem zweiwandigen Fahrschemel mit eingebauten Laufrollen und unterer horizontaler Randversteifung und zwei demontierbaren unteren Laufwerkabstützungen. Diese übertragen die Windkräfte aus den Torständern auf die Radachsen. Die Fahrgestelle können jederzeit – nach Anheben der Torständer um Spurkranzhöhe – mit einem Hubstapler ein- oder ausgefahren werden.

Der eine der beiden Fahrschemel führt Laufrollen mit grossem Zahnkranz Z 44/m 10. Im Eingriff mit diesen steht ein Zwischenzahnrad Z 19/m 10, angetrieben vom Ritzel Z 15/m 10 des Motors. Ausser auf einer Schemelwand aufgeschraubt sitzt der Hydromotor mit 10 Kolben und einer Nennleistung von 15 kW. Hydraulische Motoren sind deshalb gewählt, weil sie bei kleiner Drehzahl arbeitend exakt steuerbar sind und in unserem Falle bei einer Geschwindigkeit von 40 m/min die Tore mit einer kinetischen Energie von 1260 mkp auf einem Bremsweg von 53 cm anhalten. Die hydraulische Energie spendet eine Radialkolbenpumpe, angetrieben von einem Elektromotor von 15 kW, die, samt den Steuergeräten auf dem Ölbehälter montiert, auf den Sattelträger des Fahrgestelles gesetzt sind. Ein Kugel-Absperrventil erlaubt notfalls den Kurzschluss des Ölstroms, damit die Tore auch mit anderen Mitteln verschoben werden könnten (Traktoren usw.).

Steuerung

Die Schiebetore werden über Stromschienen im Torkasten mit Kraft- und Steuerstrom versorgt. Die elektrischen Sicherungen, Schützen und Apparate sind in je zwei Steuerschränken zusammengefasst. Die Steuerung des Fahrbetriebes erfolgt richtungsgetreuen an den betreffenden Torenden, wobei sämtliche Funktionen der drei Antriebe parallel geschaltet sind. Eine Taststation erlaubt das Ein- und Ausschalten der Elektromotoren sowie eine Notauschaltung, die auch auf die Hauptschaltung der ganzen Anlage wirkt. Ein Dreistufen-Drehschalter mit Federückstellung bewirkt Anhalten, Fahrt mit 6 m/min oder Fahrt mit 40 m/min. Mit dem Einschalten der Elektromotoren werden alle Fahrsignale, Kontrollleuchten und Sicherheitssteuerungen in Funktion gesetzt. Kein Schiebetor kann gefahren werden, wenn eines der Hubtore, eine der Servicetüren oder eine der 96 Revisionstüren vor den Fahrgestellen offensteht. Die fahrenden Schiebetore werden durch Annäherungs- und Notausschaltung abgestellt, wenn zwei auf gleicher Schiene laufende Schiebetore vor dem notwendigen Bremsweg nicht angehalten werden oder wenn ein Schiebetor vor der Stirnwand der Halle nicht angehalten wird.

Projekt und Ausführung aus der Sicht des Unternehmers

Einleitung

Wie im vorigen Teil beschrieben, umfasste das Projekt eine Vielzahl von verschiedenen Arbeitsgattungen. Der Grossteil dieser Arbeiten sind einer Stahl- und Metallbauunternehmung in

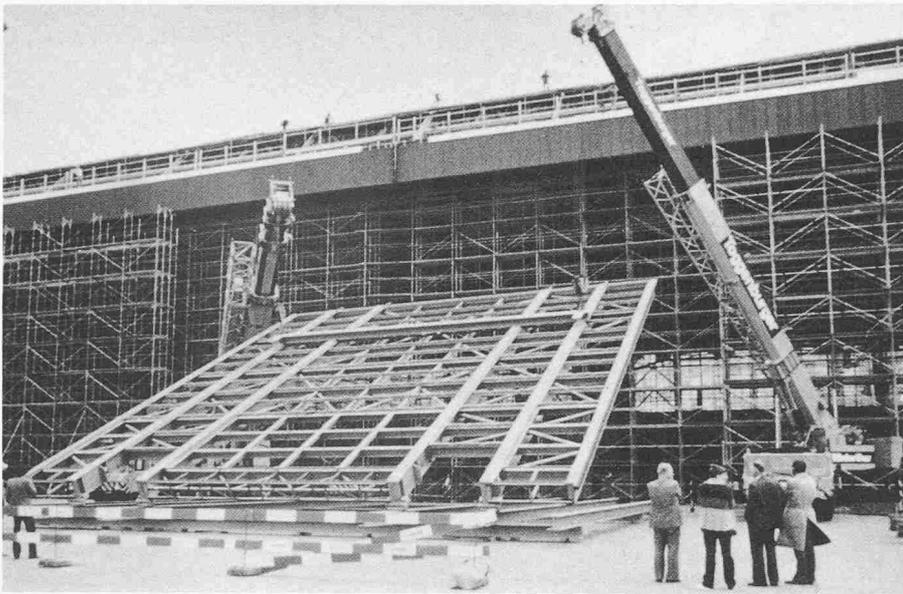


Bild 3. Heben eines Torflügels

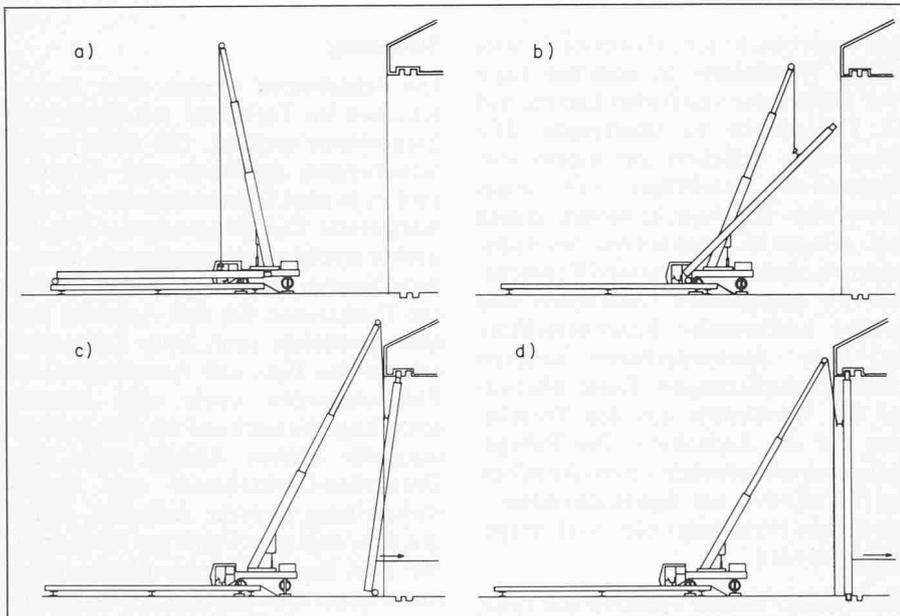


Bild 4. Hebevorgang. a) Das Tor wird von der horizontalen Stahlpritsche aus an einem demontierbaren Aufhängebalken angehoben. b) Das Tor hängt am Aufhängebalken und rollt über die Stahlpritsche. c) und d) Einführen des neuen Tores in die bestehenden Torschienen

der Regel fremd. Sämtliche Lieferungen und die Montage für die ganze Toranlage inkl. deren Inbetriebnahme wurden aber als gesamtes Paket ausgeschrieben und dementsprechend offeriert. Für die Ausführung wurde eine Arbeitsgemeinschaft gegründet, welcher als *Generalunternehmer* die Arbeiten übertragen wurden. Ebenso hatte die ARGE das Funktionieren der Anlage zu garantieren.

Die *Offertbearbeitung* war mit einem ungewöhnlichen Arbeitsaufwand verbunden, galt es doch, die Preise von etwa 20 Untervertragern einzuholen und zu koordinieren. Ebenso musste schon in der Offertphase ein klares und sicheres Montagekonzept ausgearbeitet werden. Dank dem fortgeschrittenen Stand der Projektierung und der sehr

guten zur Verfügung gestellten Offertunterlagen konnten all diese Arbeiten in relativ kurzer Zeit vollendet werden, und die Offerte wurde termingerecht eingereicht. Die *Vergabe des Auftrages* fand 4 Wochen später, am 9. April 1981, statt. Dass ein so grosser und komplexer Auftrag innerhalb so kurzer Zeit vergeben wird, spricht sehr für die Effizienz der Bauherrschaft.

Der Auftrag umfasste im wesentlichen zwei *Etappen*:

a) *Demontage der alten Tore*: Die äussere Wetterhaut war nach 20jährigem Betrieb noch so gut erhalten, dass vorgesehen wurde, dieselbe wieder zu verwenden. Für diese Arbeiten waren die Monate November und Dezember 1981 vorgesehen.

b) *Tormontage*: Der Beginn der 2. Etappe, der eigentlichen Tormontage, war auf den 29. März 1982 festgelegt. Insgesamt standen uns dafür 5 Monate zur Verfügung. Nach Beendigung der Tormontage wurde noch 1 Monat für Einregulierungen, Probeläufe und Kontrollen reserviert.

Dank rechtzeitiger Vergabe konnte die Detailplanung mit einem genügend grossen Vorsprung auf die Ausführung in Angriff genommen werden. Demzufolge verliefen Ausführungs- und Montagephasen ohne nennenswerte Schwierigkeiten oder Pannen.

Demontage

Die Demontage der alten, im Konzept noch sehr einfachen Tore war der einfachste Teil der gestellten Aufgaben. Der untere Teil der einzelnen Flügel wurde auf Brüstungshöhe mit Schweissbrennern vom oberen, an einem Kran aufgehängten Teil getrennt. Nach dem Durchbrennen wurde der obere Teil auf den Boden vor dem Hangar gelegt und in Einzelteile zerlegt. Sämtliche Stahlelemente wurden als Schrott verkauft. Die *oberen Torführungsrollen* wurden sorgfältig demontiert und revidiert, um bei der neuen Anlage wieder verwendet werden zu können. Die *äusseren Aluman-Wellbänder* wurden ebenfalls mit Sorgfalt ausgebaut und zur Wiederverwendung auf der Baustelle deponiert. Die Demontage-Arbeiten waren wesentlich vor dem vorgegebenen Termin beendet.

Planung und Fabrikation

Dank sehr guter Projektierung seitens des Ingenieurs und des Architekten konnten *Materialbestellungen* und *Untervergaben* sofort nach Auftragsvergabe eingeleitet werden. Die vom Ingenieurbüro zur Verfügung gestellten Werkstattpläne und Stücklisten konnten mit nur geringen Ergänzungen der Arbeitsvorbereitung und danach der Fabrikation übergeben werden. Infolge längerer Lieferfristen mussten diverse Elemente, so etwa Hydraulikaggregate und Motoren etwa 8 Monate vor Montagebeginn spezifiziert und bestellt werden. Der geforderte, sehr hohe *Genauigkeitsgrad* aller fabrizierten Teile stellte an alle Handwerker höchste Ansprüche. Insbesondere der Zusammenbau der grossen, etwa 1,8 Tonnen schweren Fahrwerke stellten höchste Genauigkeitsansprüche; einzelne Auflagerflächen mussten mechanisch bearbeitet werden. Die Torständer, d.h. die eigentlichen vertikalen Hauptträger der Tore, bestehend aus zwei 18 m langen HEA 600, mit Horizontal- und Diagonalträger, wurden als ganze Einheit in der Werkstatt zusammengebaut.

Durchbrüche für die *elektrische Leitungsführung* mussten schon in der Werkstatt ausgespart werden. Dies setzte eine intensive Planung zwischen Stahlbauer und Elekronunternehmung voraus. Etwelche Probleme brachten die Massengenauigkeiten der gewalzten HEA-600-Profile bezüglich Geradheit und Materialstärken. Zusätzlich erschwerend war ebenfalls der Umstand, dass praktisch *kein Torflügel gleich wie der andere* war, was somit eine Serienproduktion praktisch ausschloss. Trotz allen Erschwernissen konnten aber die Werkstattarbeiten so gesteuert werden, dass keine Montageverzögerungen in Kauf genommen werden mussten.

Montage

Das Hauptproblem in der *Montageplanung* bestand in der *kurzen uns zur Verfügung gestellten Zeit* sowie in der folgezeitigen Koordination der vielfältigen Arbeitsgattungen. Ausserdem war dem Umstand Rechnung zu tragen, dass uns nur eine beschränkte Anzahl von Gerüstungen zur Verfügung standen. Eine Analysierung sämtlicher Randbedingungen führte dazu, dass in einem strikten 6-Arbeitstage-Rhythmus gearbeitet werden musste, d.h. dass für einzelne Arbeitsgattungen oder Gruppen von Arbeitsgattungen insgesamt nur 6 Arbeitstage zur Verfügung standen.

Das reine Stahlskelett, bestehend aus kompletten, vorgefertigten Torständen sowie Horizontal-, Vertikal- und Diagonalträgern, wurde in der Horizontalen *auf genau ausnivellierten Stahlprritschen* zusammengebaut. Die Längentoleranzen sämtlicher Einzelele-

mente wurden auf $\pm 1,0$ mm beschränkt. Um beim Zusammenbau keine Zwängungen zu erzeugen, musste der Montageablauf genau festgelegt werden. Die oberen Führungsrollen wurden ebenfalls am Boden montiert. 7 der insgesamt 12 Torflügel sind mit Hubtoren versehen, die ebenfalls liegend eingebaut wurden. Als Verbindungsmittel wurden *überall HV-Schrauben* verwendet, um vor allem ein nachträgliches, ungewolltes Lösen der Schrauben zu verhindern, dies insbesondere wegen der beim Fahren der Tore auftretenden Erschütterungen. Nach 10 Tagen wurden sämtliche Schrauben nachkontrolliert. Jede Einheit wurde mit 4-5 Monteuren in $5\frac{1}{2}$ Arbeitstagen zusammengebaut. Kontrollen am Ende der Montage ergaben, dass die geforderten Toleranzen für die Gesamtabmessungen der Flügel in jedem Falle unterschritten wurden. Die Torflügel hatten Gewichte zwischen 36 und 40 t.

Das *Aufziehen der Einheiten in die Vertikale* stellte infolge der vorgegebenen Randbedingungen einige Probleme (Bild 3). Der ganze Ablauf wurde an Hand eines Modelles 1:50 mit der Kranunternehmung genauestens festgelegt. Die Einheiten mussten von unten in die oberen Torkästen *eingefädelt* werden. Um dies zu ermöglichen, musste der Lastaufhängungspunkt a) in einer bestimmten Höhe und b) mit einer gewissen *Exzentrizität* angeordnet werden. Dies bedingte die Konstruktion eines demontierbaren Aufhängebalkens. Der Hebevorgang ist in Bild 4 anhand von Schema-Zeichnungen dargestellt.

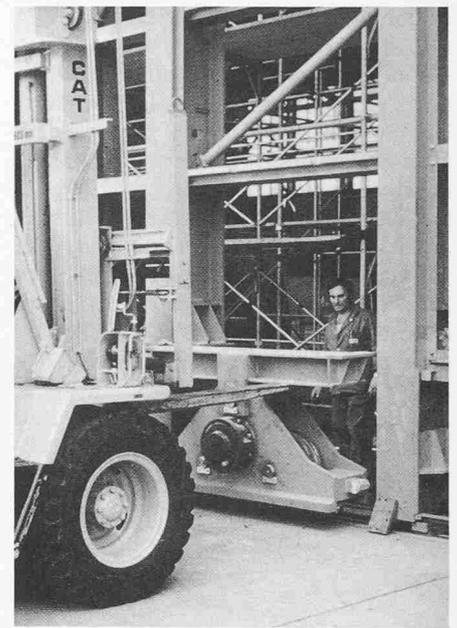
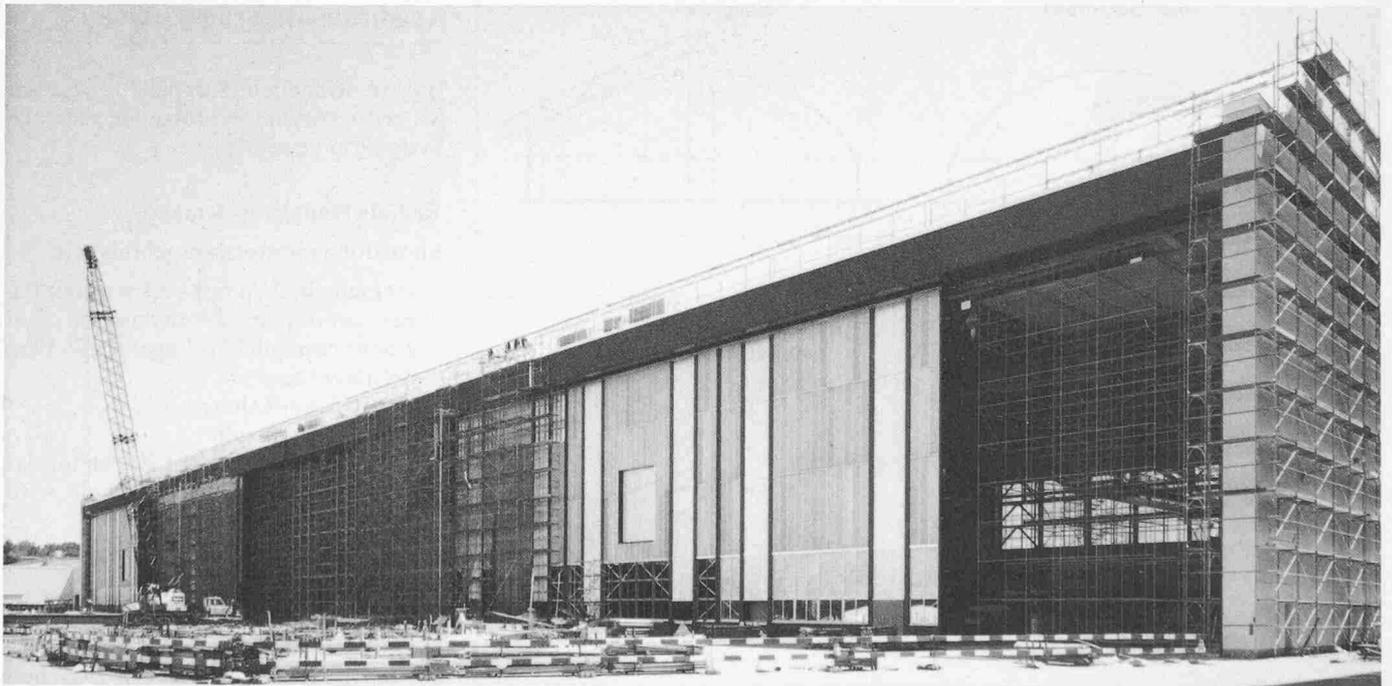


Bild 5. Einfahren eines Fahrwerkes mit Hydramotor

Zum Heben wurden zwei 150-t-Krane eingesetzt. Nach einmaligem Einüben des Vorgehens wurden in der Regel $1\frac{1}{2}$ Stunden für das Aufrichten benötigt. Unmittelbar nach dem Aufrichten wurden die *Fahrwerke* mit einem Hubstapler eingefahren und mit der Stahlkonstruktion ebenfalls mit HV-Schrauben verbunden (Bild 5). Somit war ein Flügel praktisch fahrbereit. Diese Zusammenbauweise hatte gegenüber einer Montage in der Vertikalen erhebliche Vorteile.

In der zweiten 6-Tage-Phase wurde die Stahlkonstruktion zwischen die Gerüste geschoben und durch den Maler mit einem *Deckanstrich* versehen (Bild 6).

Bild 6. Fertigstellen der Tore zwischen den Gerüsten



In den Phasen 3-6, d.h. in insgesamt 24 Arbeitstagen, mussten folgende Arbeiten ausgeführt werden: innere Verkleidung in vorgefertigten, isolierten Paneelen, äussere Verkleidung inkl. sämtlicher Befestigungsprofile und Spenglerarbeiten, Abisolieren gewisser Elemente, Montage der Kabelkanäle, Einziehen aller elektrischen Verkabelungen, Montage von Stossdämpfern, Kupplungen, inkl. Spannvorrichtungen (zum Zusammenspannen von je drei Torflügeln zu einer autonomen Toreinheit), Hubtorantriebe, Hubtormechanismen, Annäherungsschalter sowie Hydraulikaggregate und elektrischen Verteil- und Schaltkästen.

Die Fülle der Arbeiten erforderte den gleichzeitigen Einsatz von bis zu 40 Spezialisten. In der 7. Phase wurden die Flügel aus dem Bereich der Gerüstungen geschoben. Im folgenden mussten noch diverse Arbeiten auf Bodenhöhe ausgeführt werden, so etwa Montage der Sockelverkleidungen, Einhängen sämtlicher Revisions- und Servicetüren (total 51 Stück), Versetzen aller Fenster und Fensterbänke sowie Montage und Justieren von 96 durch die SUVA verlangten Endschalter. Dank dem grossen Einsatz aller Beteiligten und auch Dank des guten Wetters konnte der vorgegebene Rhythmus bis auf den Tag genau eingehalten werden.

Am Bau Beteiligte

Bauherr:
Flughafen-Immobilien-gesellschaft (FIG),
8050 Zürich-Flughafen

Projekt und Bauleitung:
F. Weinmann, Zürich, und Huber-Winiger-Kränzlin, Zürich

Tore:
Arbeitsgemeinschaft Geilinger AG, Bülach,
und Tuchschnid AG, Frauenfeld.
Diverse Lieferanten und Unterakkordanten.

Adressen der Verfasser: F. Weinmann, dipl. Arch. ETH/SIA, Bellariastr. 72, 8038 Zürich; P. Huber, dipl. Ing. ETH/SIA c/o Huber-Winiger-Kränzlin, Löwenstr. 1, 8001 Zürich; W. Altenburger, dipl. Ing. ETH/SIA, c/o ARGE Geilinger-Tuchschnid, Schützenmattstrasse, 8180 Bülach

Rundhallen in Stahl

Von Otto Haueter, Würenlingen

Aufgrund der Kriterien der Schalentheorie wird ein für den Stahlbau besonders geeignetes Tragsystem für Rundhallen mit Kugel- bzw. Kegeldach entwickelt. Für ein Zementwerk im Nahen Osten wurden erstmals entsprechend diesem Tragsystem zwei Klinkerhallen (Kegeldach mit 100 m Randedurchmesser) und zwei Mischbetthallen (Kugeldach mit 105 m Randedurchmesser) gebaut.

Einleitung

Beim Neubau und bei Erweiterungsbauten von Zementwerken sind oft Rundhallen von 50 m bis über 100 m

Durchmesser gefragt. Es handelt sich dabei meistens um Mischbett-Hallen oder um Lagerhallen für Klinker oder Kohle.

Als preisgünstigste Tragkonstruktion für eine solche Halle hat sich die Stahl-

konstruktion erwiesen. Die Eindeckung erfolgt vorteilhaft mit Trapezblechen, welche sich einwandfrei dichten lassen.

Als Hallenform findet man den auf einer kreiszylindrischen Wand aufgelagerten Kegel oder die auf einer kreiszylindrischen Wand aufgelagerte Kugelkalotte, wobei aus konstruktiven Gründen die Kreise durch Polygone angenähert werden.

Die Beschickung der Hallen erfolgt via ein Transportband über einen im Zentrum angeordneten Beschickungsturm. Dabei kann die Bandbrücke entweder seitlich das Hallendach durchdringen, oder der Turm wird durch den Scheitel der Halle geführt, und die Bandbrücke erreicht den Turm, ohne die Dachhaut zu durchdringen (Bilder 1, 2).

Bild 1. Kugelhallen

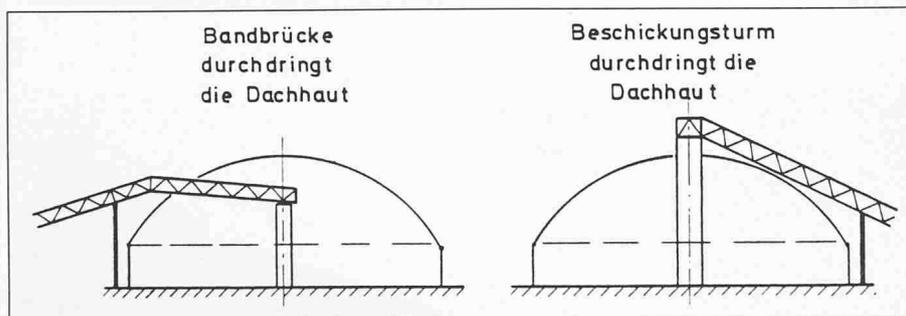
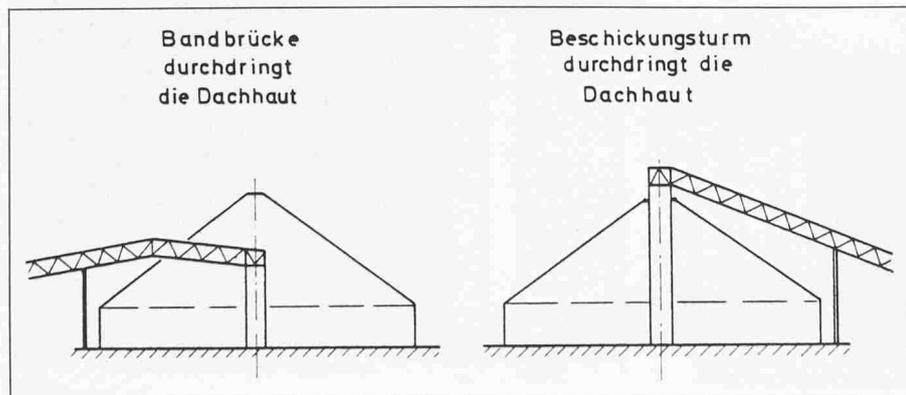


Bild 2. Kegelhallen



Traditionelle Tragsysteme

Im traditionellen Kuppelbau wurden bis heute vorwiegend folgende statische Systeme angewendet:

Radiale Haupttragelemente

Sie werden meistens ausgebildet als:

- einfache Balken mit einem festen Lager auf einem Zentrumsturm und einem beweglichen Lager (bzw. Pendelstütze) aussen.
- Zweigelenk-Rahmen
- Zweigelenk-Bogen
- Zweigelenk-Bogen mit Zugband, das durch den Trauftring dargestellt wird (Bild 3).

Radiale Sekundärtragelemente

Sie werden meistens ausgebildet als einfache oder durchlaufende Balken, die auf polygonalen Querträgern zwischen