

Die Stahlkonstruktion der Wartungshalle 3 am neuen Münchener Flughafen

Zusammenfassung

Im Rahmen der Bauarbeiten für den neuen Münchener Großflughafen wurden auch drei Wartungshallen für Großraumflugzeuge errichtet. Es wird an dieser Stelle über Entwurf und Ausführung der Stahlkonstruktion der Wartungshalle 3 berichtet, die mit ca. 300×80 m Grundfläche zu den größten in Europa zählt.

Erläutert werden die Ausführung der Haupttragelemente der Halle und das statische Gesamtkonzept unter Berücksichtigung der zu untersuchenden Ausfall- und Katastrophenzustände. Breiten Raum nimmt hierbei der Torbinder mit $2 \times 152,5$ m Spannweite ein.

Bei der Montage der Stahlkonstruktion wurden neue Wege beschritten. Insbesondere die Montage des Torträgers, die mit hydraulischen Hubaggregaten in zwei Etappen erfolgte, wird detailliert beschrieben und mit Skizzen und Fotos vom Bauzustand erläutert.

Summary

Steel Structure of Maintenance Shed 3 at the New Munich Airport. Three maintenance sheds for wide-bodied aircraft were built as part of the construction work for Munich's new international airport. The paper reports on the design and execution of the steel structure of Maintenance Shed 3, whose floor area of 300×80 m makes it one of the largest in Europe. The design the main loadbearing elements of the shed and the overall structural design concept are described, consideration being given to the failure and catastrophe states which had to be investigated. A particularly important aspect of this is the door frame which has a span of 2×152.5 m. New approaches were adopted for assembly of the steel structure. Assembly of the door girder, which took place in two stages using hydraulic lifting gear, is described in detail and explained with the aid of drawings made and photographs taken during construction.

1 Vorbemerkungen

Im Nordosten von München, im Erdinger Moos, entstand der neue Münchener Großflughafen MUC II. Der Bauherr und spätere Betreiber, die Flughafen München GmbH, hatte sich zum Ziel gesetzt, die Eröffnung am 17. Mai 1992 zu realisieren.

Neben den zentralen Flughafengebäuden für die Passagier- und Gepäckabfertigung und den Anlagen für den Bereich Luftfracht erfordert die Funktionsfähigkeit eines modernen Großflughafens umfangreiche Bauten für Flugsicherung, Verwaltung und technische Dienste. Die Wartung von Flugzeugen gehört mit dazu.

Aus diesem Grund sind bereits in der Raumplanung große Flächen dafür bereitgestellt worden. Um dem Trend hin zu immer größeren Fluggeräten Rechnung zu tragen, entschloß man sich in München bereits in der Raumplanung, Flächen für die größten jemals in Europa gebauten Hangars bereitzustellen.

Im sogenannten südlichen Bebauungsband wurde insgesamt Platz für 4 Flugzeughangars mit einer Gesamtfläche von ca. 85 000 qm geschaffen. Davon wurden in der ersten Baustufe bereits drei Hangars mit insgesamt ca. 60 000 qm erstellt. Über den Bau der Wartungshalle 1 für die Deutsche Lufthansa, der größten der drei Hallen, wurde an anderer

Stelle [1] bereits berichtet. Der folgende Beitrag soll einen Überblick über die Stahlkonstruktion der Wartungshalle 3 geben, die später von den Fluggesellschaften LTU und AERO LLOYD genutzt wird.

Die Halle 3 unterscheidet sich von der Halle 1 [1] nur dadurch, daß die an der Rückwand angeordneten sogenannten Pockets weggelassen wurden bzw. später dazugebaut werden können. Die eigentliche Hallenfläche ist gleich groß.

2 Aufgabenstellung

Da es sich bei diesem Bauvorhaben nicht um eine übliche Hochbaumaßnahme, sondern im eigentlichen Sinne um ein Ingenieurbauwerk handelt, bei dem das Tragwerk die Gestalt wesentlich bestimmt und damit die Tragwerksplanung eine dominante Rolle einnimmt, entschied der Bauherr auch hier, wie bereits bei der vorangegangenen Ausschreibung für die Halle 1, die Bauleistungen funktional auszuschreiben und aufgrund der Vorgabe wichtiger Rahmenbedingungen (Tabelle 1) und einer Vorplanung des Generalplaners, Vorschläge zur Lösung der Bauaufgabe ausarbeiten zu lassen, die im November 1988 einzureichen waren.

Im harten Wettbewerb konnte sich die hier vorgestellte Lösung als diejenige erweisen, die die Ansprüche des Kunden am preisgünstigsten erfüllen konnte. Der Vorschlag wurde von einer Bietergemeinschaft der Firmen HOCHTIEF Niederlassung München und stahlbau wolf rosenheim ausgearbeitet und ausgeführt.

3 Lösung der Bauaufgabe

3.1 Auswahl des Tragsystems

Dem Wunsch des Bauherrn und des Generalplaners folgend sollte diese Halle im Gegensatz zur Halle 1 der Lufthansa ohne Seilabspannungen und Pylone auskommen, weil man

Tabelle 1. Rahmenbedingungen für die Ausarbeitung des Ausführungsvorschlags

Table 1. Boundary conditions for preparation of the execution proposal

1.	Raumprogramm
	- Hallenlänge: 304 m, unterteilt durch eine Brandwand in Hallenmitte
	- Hallentiefe: 80 m
	- Nutzbare Hallenhöhe: 24 m
	- Lichte Toröffnung: $2 \times 149,5$ m
	- Durchfahrthöhe im Torbereich: 22 m
2.	Brandschutzanforderungen
	Brandschutzklasse Bauteile
	F 0 Dachtrapezbleche
	Bauteile, die zur Stabilisierung nicht erforderlich sind
	F 30 Dachpfetten,
	soweit nicht zur Stabilisierung erforderlich
	F 90 Haupttragglieder,
	Stützen,
	Stabilisierungsverbände
	Für Bemessung: Brand nur in einer Hallenhälfte
3.	Standicherheit bei Ausfall eines Tragstabes
	Der Ausfall eines einzelnen Stabes darf nicht zum Einsturz der Halle führen.
4.	Windlasten
	Nach DIN 1055 T 4 ergänzt durch Schweizer Norm und Windkanalversuche.

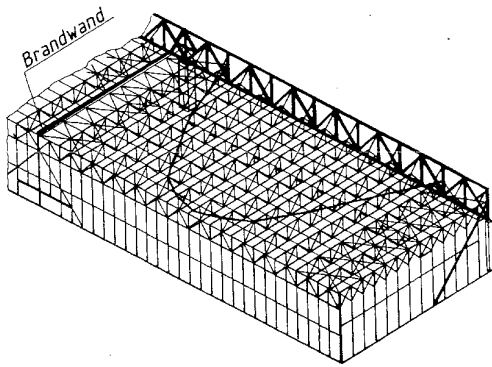


Bild 1. Raumbild der Tragkonstruktion

Fig. 1. 3-dimensional illustration of the loadbearing structure

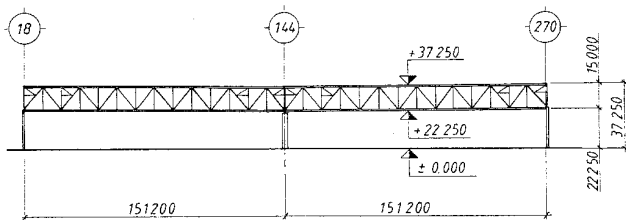


Bild 2. Statisches System Torbinder

Fig. 2. Door frame structural design system

befürchtete, daß durch die massive Bebauung mit Wartungshallen auf eine Länge von 1,2 km sonst ein zu unruhiges Erscheinungsbild entstehen würde.

Bei der Auswahl des Tragsystems wurde deshalb dem Grundsatz gefolgt, die gestellte Bauaufgabe mit möglichst einfachen, klar gegliederten Bauteilen zu lösen und die vorhandenen Lasten auf kürzestem Weg in den Baugrund abzu-leiten.

Dies führte schließlich nach Untersuchung mehrerer Varianten zu einem statischen System mit einem Haupttorbinder, freitragend über die beiden Toröffnungen von je 149,50 m, senkrecht dazu gespannten Hauptbindern mit Spannweiten von ca. 80 m und darüberliegenden Pfetten zur Abtragung der Dachlasten. Zur Stabilisierung sind im Dach und in den Wänden Verbandssysteme angeordnet. Verbundstützen tragen die Belastungen an den beiden Giebelwänden und an der Hallenrückwand in den Baugrund ab. Eine ähnliche Lösung mit geringeren Spannweiten wurde bereits am Frankfurter Flughafen beim Bau der Halle 6 verwirklicht [3].

3.2 Haupttragglieder der Halle

3.2.1 Torbinder

Das Herz der Hallenkonstruktion stellt der Torbinder dar, ausgebildet als Zweifeldträger in Fachwerkkonstruktion mit 14 m statischer Bauhöhe und zweimal 152 m Spannweite, er hat ein Gesamtgewicht von ca. 950 t. Den Bedingungen der Ausschreibung folgend, ist die gesamte Tragkonstruktion des Torbinders F 90 ummantelt.

Die Einzelstäbe der Träger bestehen aus geschweißten Doppel-T- und Kastenprofilen, für die Zugstäbe kam als Material St 52-3 zum Einsatz, Druckstäbe sind je nach Schlankheit aus St 37 bzw. St 52-3 ausgebildet. Die Querschnittsabmessungen senkrecht zur Binderebene betragen einheitlich 1000 mm. In Binderebene variieren sie zwischen 300 mm und 1000 mm, je nach statischer Erfordernis.

Die Ausführung des Binders mit einheitlichen Querschnittsbreiten erweist sich trotz des etwas erhöhten Mate-

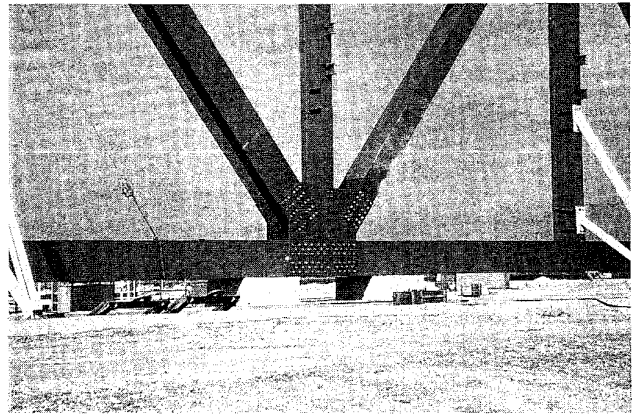


Bild 3. Torbinderknoten

Fig. 3. Door frame joint

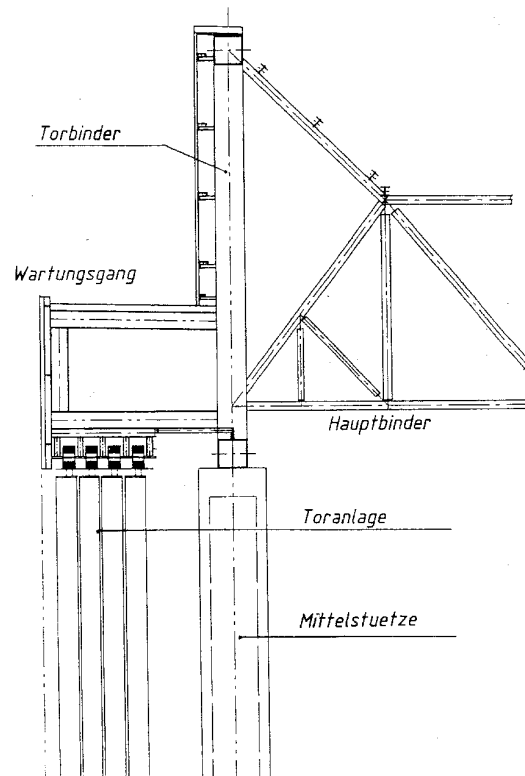


Bild 4. Torbinder und Wartungsgang für Toranlage

Fig. 4. Door frame and maintenance walkway for door system

rialbedarfs bei gering belasteten Stäben als wirtschaftliche Lösung, insbesondere bei der konstruktiven Detailausbildung. Ein Vergleich mit anderen Lösungen zeigt dies deutlich [2].

Ein Beispiel gibt der im Bild dargestellte Anschluß, der sich durch einfache Fertigung und durch gute Zugänglichkeit bei der Montage auszeichnet.

Dem Torbinder vorgelagert ist ein Wartungsgang (siehe Bild 4), der die Führungskonstruktion der Großtoranlage trägt und gleichzeitig Reparaturen an den Torführungsrollen ermöglicht.

Nachdem die Verformung des Torbinders von wesentlichem Einfluß auf die Funktion der Toranlage ist, wurden sämtliche Baustellenstöße mit hochfesten Paßschrauben der Güte 10.9 als sog. SLP-Verbindungen ausgeführt. Aufgrund der Kräfte in den Stäben mußten durchweg Schrauben M 36 eingesetzt werden.

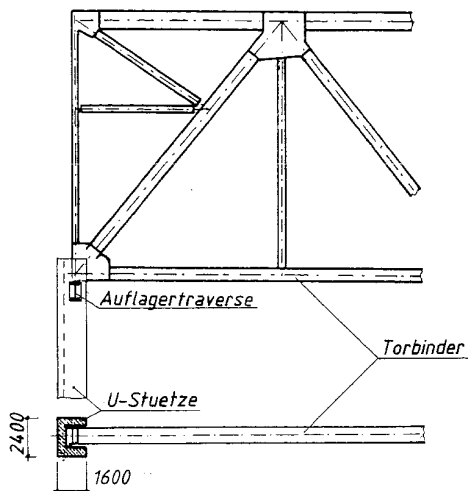


Bild 5. Endauflager Torbinder
Fig. 5. Door frame end support

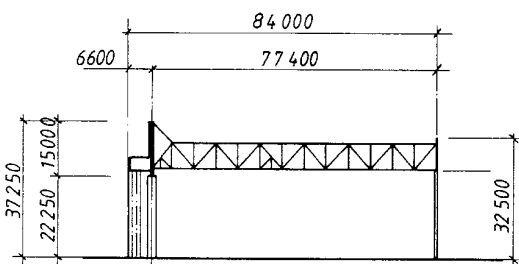


Bild 6. Hallenquerschnitt
Fig. 6. Shed cross-section

Bereits im Entwurfsstadium wurde der Gedanke geboren, den Torbinder je Hallenhälfte in einem Stück hydraulisch zu heben. Aus diesem Grund wurden die beiden Endauflager als U-förmige Stahlbetonstützen mit einem Querschnitt von $1,6 \times 2,4$ m ausgebildet. So konnten sie während des Hubvorganges als Horizontalführung dienen. Aufgelagert ist der Binder auf Stahlquertraversen, die nach dem Hubvorgang seitlich eingeschoben wurden.

In der Mitte lagert der Torbinder auf einer Stahlbetonkastenstütze auf, deren Außenabmessungen $3,40 \times 4,00$ m betragen. Sie dient gleichzeitig als aussteifendes Element zur Aufnahme der Windlasten in Hallenlängsrichtung.

3.2.2 Hauptbinder

Senkrecht zum Torbinder sind in Hallenquerrichtung im Abstand von 10,80 m Hauptbinder mit einer Spannweite von ca. 78 m angeordnet.

Ebenfalls ausgebildet als Fachwerkkonstruktion haben diese eine Bauhöhe von ca. 7 m. Der Obergurt ist, der Dachneigung angepaßt, mit zwei Hoch- und Tiefpunkten ausgebildet.

3.2.3 Dach- und Wandverbände

Im Dach sind je Hallenhälfte, wie Bild 7 zeigt, zur Stabilisierung und Ableitung der Horizontallasten zwei Kreuzverbände und ein drucksteif ausgebildeter parabelförmiger Stabzug mit gelenkigen Verbindungen an den Knickpunkten angeordnet.

Die Ableitung der Windlasten auf die Giebelwände erfolgt über die Kreuzverbände in die Hallenmittelstütze in der Torwand und einen Aussteifungsverband in der Hallenrückwand. Für Windlasten in Hallenquerrichtung, senk-

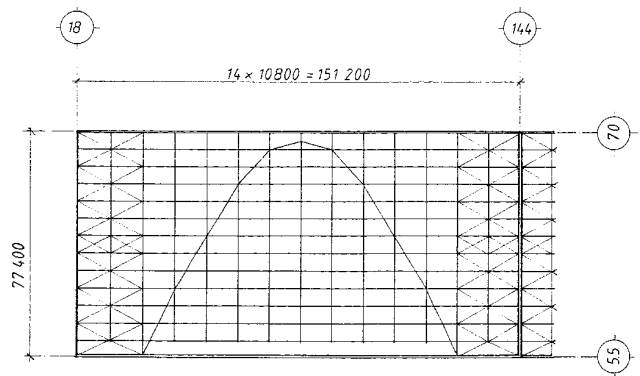


Bild 7. Dachdraufsicht einer Hallenhälfte
Fig. 7. Top view of roof of one shed half

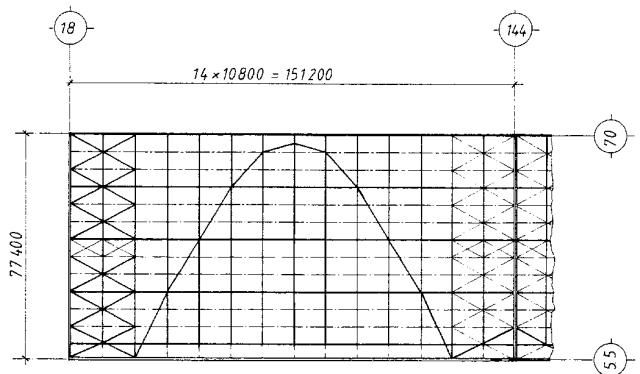


Bild 8. Dachverbände einer Hallenhälfte, Tragsystem im Brandfall
Fig. 8. Roof system of one shed half, loadbearing system in the event of fire

recht zur Torwand, erfolgt die Lastabtragung über den Parabelverband in die Brandwand in Hallenmitte und je einen Wandverband in den Giebelwänden. Die gelenkigen Knickpunkte des Parabelverbandes werden in diesem Lastfall über die Kreuzverbände stabilisiert.

Ebenso wie Tor- und Hauptbinder mußten die Bauglieder zur Stabilisierung der Halle in feuerbeständiger F 90-Bauweise ausgeführt werden. Bei der Bemessung konnte jedoch die Tatsache genutzt werden, daß nur mit Brand in jeweils einer Hallenhälfte zu rechnen war.

Dadurch konnte unter Berücksichtigung der Stabilisierung der Hauptbinderobergurte die Anzahl der F 90 zu schützenden Bauteile erheblich reduziert werden. Das im Brandfall reduzierte Tragsystem zeigt Bild 8.

Die Wandverbände der Giebelwände und der Rückwand wurden, wie in Bild 9 und 10 dargestellt, als drucksteife Diagonalstäbe aus Stahlkastenprofilen ausgeführt.

3.2.4 Dachpfetten

Die Stahlpfetten in Hallenlängsrichtung sind als Durchlaufträger mit 10,80 m Spannweite ausgebildet, der Abstand der Pfetten untereinander beträgt 6,00 m. Sie tragen die Trapezblechdachschale und sind gleichzeitig Elemente der Dachscheibe. Die Bemessung der Pfetten erfolgte nach dem Traglastverfahren unter Ausnutzung der stabilisierenden Wirkung der Stahltrapezbleche nach Lindner [4].

3.2.5 Verbundstützen

An der Rückwand und den beiden Giebelwänden werden die Dachlasten über Stahlverbundstützen mit einer Bauhöhe von 24 bis 31 m in die Fundamente abgeleitet (Bilder 9 und 10). Die Hauptstützen der Halle sind für Anprall des

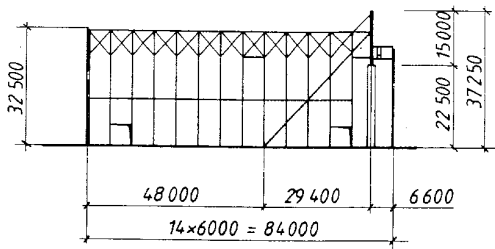


Bild 9. Giebelwand

Fig. 9. Gable wall

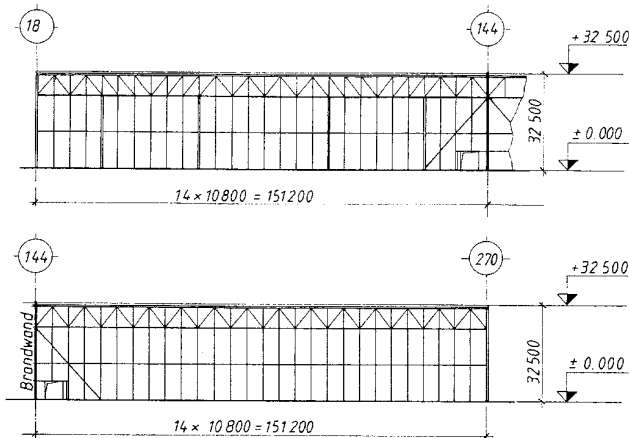


Bild 10. Hallenrückwand Achse 70

Fig. 10. Rear shed wall, axis 70

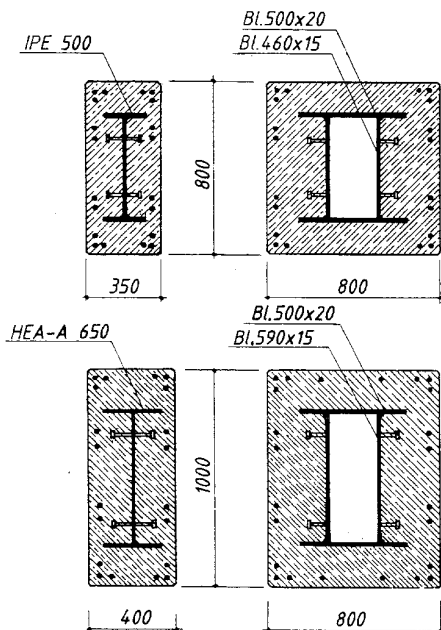


Bild 11. Querschnitte der Verbundstützen

Fig. 11. Cross-sections of the composite columns

ungünstigsten in der Halle verkehrenden Fahrzeugs zu bemessen oder durch entsprechende Lastabweiser zu schützen.

Auf diesen Nachweis kann nur verzichtet werden, wenn sichergestellt ist, daß beim Ausfall der betreffenden Stütze die restliche Konstruktion die Eigen- und Verkehrslasten noch mit einem Sicherheitskoeffizienten $v = 1,0$ aufnehmen kann. Die betroffene Stütze darf nicht in die Halle fallen, sondern muß über Sekundärverbände im Dach verankert sein.

Sowohl in den Giebelwänden als auch in der Rückwand sind deshalb am Stützenkopf Sekundärfachwerkträger vor-

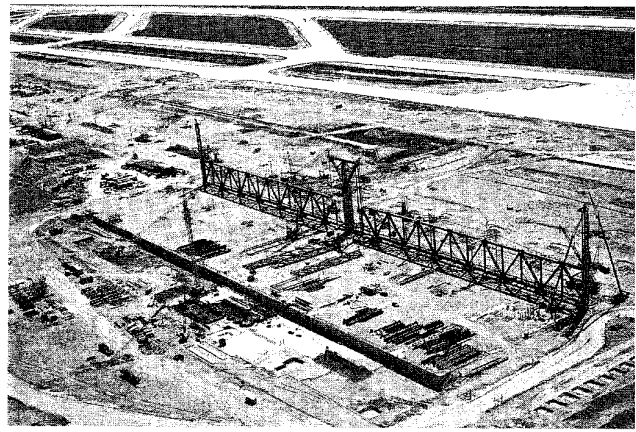


Bild 12. Torbinder, am Boden vormontiert

Fig. 12. Door frame, pre-assembled on the ground

handen, die im Fall des Versagens einer Einzelstütze die Dachlasten auf benachbarte Stützen ableiten. So kann die Zahl der Stützen, die für vollen Fahrzeuganprall zu bemessen oder durch Lastabweiser zu schützen sind, auf ein Minimum reduziert werden.

Die Stahlverbundstützen haben Querschnitte von 35×80 bis 100×80 cm und bestehen aus einbetonierten Walz- bzw. Schweißprofilen durchweg in der Materialgüte St 52-3. Die verwendete Betongüte ist B 45.

Eine Besonderheit stellen die Eck- und Randstützen dar. Hier wurde als Stahlquerschnitt ein geschweißtes Hohlprofil eingesetzt. Der Hohlraum des Stahlprofils wurde luftdicht verschweißt und konnte so ohne Korrosionsschutz und Füllbeton bleiben. Ohne wesentlichen Verlust an statischem Querschnitt wurde so eine erhebliche Gewichtseinsparung erreicht.

Die Bemessung der Stützen senkrecht zur Wandebene bedarf keiner besonderen Erläuterung. Anders ist es bei der Bemessung in Wandebene. Am Beispiel der Hallenrückwand sei kurz der Ansatz gezeigt. Durch unterschiedliche Anforderungen in den beiden Hallenhälften sind verschiedene Systeme zu betrachten.

Im sogenannten AEF-Bereich, der westlichen Hallenhälfte, ist mit Erweiterungsmöglichkeit, den sog. Pockets, zu rechnen. Dadurch sind an den Pocketecken stärkere Stützen erforderlich, die im Erweiterungsfall die Dachlasten dieser Bereiche abtragen. Diese Stützen werden zur Stabilisierung der dazwischenliegenden schlanken Wandstützen herangezogen. Ein in halber Hallenhöhe durchlaufender Koppelstab verbindet die Zwischenstützen mit den stabilisierenden Baugliedern.

In der östlichen Hallenhälfte, dem sog. LTU-Bereich, ist eine Erweiterungsmöglichkeit nicht vorgesehen. Hier wurde der in der Rückwand liegende Wandverband zur Stabilisierung der schlanken Wandstützen herangezogen, die wiederum über einen Koppelstab verbunden sind.

4 Montage der Stahlkonstruktion

4.1 Allgemeines

Infolge der großen Spannweiten kann bei der Montage der Stahlkonstruktion und hier insbesondere bei der Montage des Torbinders über einige interessante Vorgänge berichtet werden. Entsprechend dem Bauablauf treten Zwischenzustände auf, die vom endgültigen statischen System abweichen. Für jeden dieser Zustände ist die Standsicherheit nachzuweisen. Da es sich aber hierbei um Systeme handelt, die nur über einen begrenzten Zeitraum stehen, wurde in Abstimmung mit dem Prüfenieur ein Sicherheitskonzept

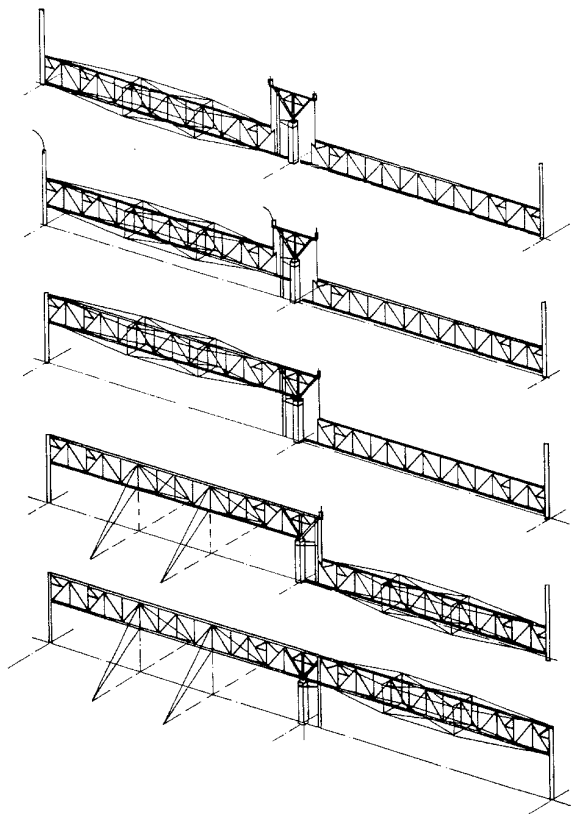


Bild 13. Phasen der Hubmontage des Torbinders

Fig. 13. Phases of door frame assembly using lifting gear

für die Montage erarbeitet, das den zu berücksichtigenden Windlastansatz nach der Standzeit der einzelnen Zustände bestimmt.

4.2 Montage des Torbinders

4.2.1 Zusammenbau am Boden

Der Zusammenbau der zwei Torbinderhälften zwischen den beiden Eckstützen und der Mittelstütze erfolgte stehend auf Hilfsfundamenten, die entsprechend der statisch erforderlichen Überhöhung genau in der Höhe eingemessen wurden. Zur Windaussteifung wurden die 15 m hohen Bauteile mit Schrägstreben abgestützt.

Das dreieckförmige Torbindermitelstück wurde auf der Mittelstütze positioniert. Für den Montagezustand wurde der Auflagerpunkt auf der Betonstütze mittels Hilfsankern gesichert, die ein Abkippen verhinderten. Senkrecht zur Binderebene wurde durch eine Betonscheibe, Teil der späteren Brandwand, die notwendige Stabilität erreicht. Gegen Verdrehen wurde das Teil mit Stahlhützen seitlich abgespannt.

4.2.2 Vorbereitungen zur Hubmontage

Es war geplant, die beiden Binderhälften nacheinander anzuheben. Einen Überblick über die einzelnen Schritte gibt Bild 13. Zur Stabilisierung und Verformungsreduzierung während der Hubmontage mußten die am Boden vormontierten Torbinderhälften seitlich ausgesteift werden.

Dazu wurde eine vorgespannte Seilverspannung des Ober- und Untergurtes gewählt. Die Spreizung der Spannseile, die aus hochfesten Spannstahlhützen mit einer Bruchlast von 1850 N/mm² bestanden, betrug beidseits der Gurte 7500 mm. Durch ausgesteifte Rahmen an den Umlenkpunkten wurde die Erhaltung des Gesamtquerschnittes gesichert.

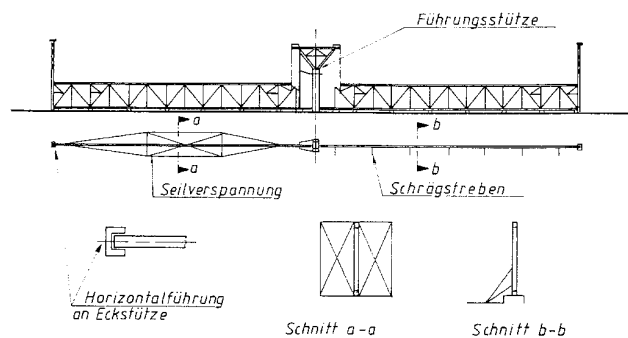


Bild 14. Vorbereitungen zur Hubmontage des Torbinders

Fig. 14. Preparations for door frame assembly using lifting gear

So entstand ein gegen Biegedrillknicken stabiler Gesamtquerschnitt, der bei zu vernachlässigendem *St. Venant*-schem Torsionswiderstand in der Lage ist, die Beanspruchungen über die Aktivierung des Wölbwiderstandes und des horizontalen Trägheitsmomentes abzutragen.

Die Führung quer zur Binderrichtung wurde am Endauflager durch die U-förmigen Betonpfeiler (siehe Bild 14) erzeugt. Zur Verlängerung wurde oberhalb der Betonstütze ein Stahlfachwerkturm aufgebaut. Die Abstützung des Binders erfolgte an den beiden U-Schenkeln durch Laufrollen, die zum Ausgleich von Unebenheiten und Toleranzen federnd gelagert waren.

Der seitlichen Führung an der Mittelstütze dienten zwei Hilfsstützen, die am Boden, am Kopf des Betonpfeilers und am Obergurt des Torbindermitelstückes abgestützt wurden.

Die Verspannung war so auszulegen, daß sie ein Knicken des Obergurtes und ein Kippen des Gesamtquerschnitts verhindern konnte. Wichtig war es dabei, die Vorspannung der Seile so groß zu wählen, daß sie unter den maximalen Lasten nicht überdrückt wurden. Betrachtet man den Obergurt isoliert, so wird seine Knicklänge durch die vorliegende Trapezabspannung mit Abstützung in den Drittelpunkten im günstigsten Fall halbiert [5], da beim Auftreten von Verformungen, die zur Stabmitte antimetrisch sind und einen Wendepunkt in der Biegelinie haben, die Längenänderungen in der Verspannung so klein sind, daß diese fast unwirksam ist.

Die gegebenen Bedingungen erforderten aber eine weitere Verkürzung der Stabnicklänge. Erreicht wurde dies durch die Anordnung einer zusätzlichen Diagonalverspannung des mittleren Feldes am Obergurt. Dadurch konnte mit relativ geringem Aufwand die antimetrische Knickfigur mit zwei Halbwellen verhindert werden.

Bei der Bemessung dieser Montagehilfskonstruktionen konnte aufgrund der Tatsache, daß die kritische Phase des Hebens innerhalb eines Tages abgeschlossen war, einem erheblich reduzierten Windlastansatz zugestimmt werden.

Die endgültige Schnittgrößenermittlung der versteiften Torbinderhälfte erfolgte mit Hilfe eines räumlichen Stabwerksprogrammes nach Theorie 2. Ordnung unter Berücksichtigung des durch die Seile veränderlichen Stabsystems und unter Ansatz von symmetrischen und antimetrischen Vorverformungen.

4.2.3 Hubmontage

Nachdem die Verspannung, die Hubpressen und Seile, sowie die Führungsträger montiert waren, konnte der eigentliche Hubvorgang beginnen. Da die Verbindung zwischen Torbindermitelstück und Stütze nicht für eine durch einseitiges Anheben verursachte Biegebeanspruchung ausgelegt werden sollte, war es zunächst erforderlich, zum Lastausgleich beide Binderhälften gleichzeitig anzuheben, bis sie auf die ganze Länge frei trugen.

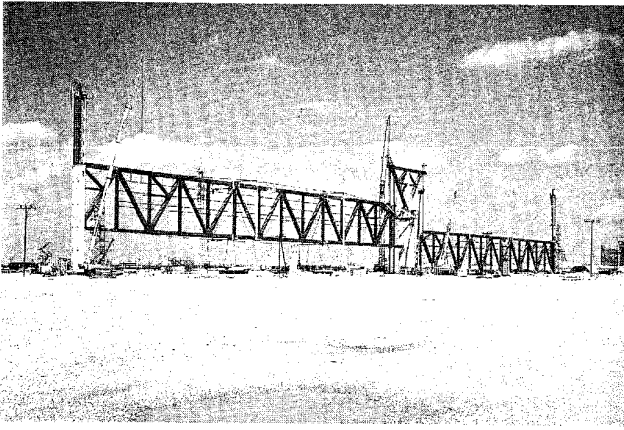


Bild 15. Hubmontage des Torbinders
Fig. 15. Door frame assembly using lifting gear

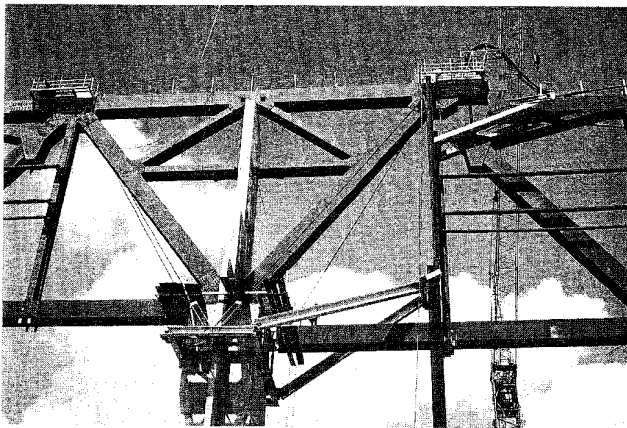


Bild 16. Hubmontage des Torbinders kurz vor Erreichen der Endlage
Fig. 16. Door frame assembly using lifting gear shortly before the final position is reached

Nachdem beide Binder an den Hubseilen hingen, konnte Binder 1 weiter angehoben werden. Einige Stationen der Hubmontage zeigen die Bilder 15 und 16.

Der Hubvorgang erfolgte an Eck- und Mittelstütze in gleichgroßen Schritten. Kurz vor dem Erreichen der Endhöhe, bevor nämlich die Ober- und Untergurtverbindungspunkte übereinander zu liegen kamen, mußte der Hubvorgang an der Mittelstütze gestoppt werden.

Nun war es erforderlich, durch weiteres Anheben an der Eckstütze den Einbau der Auflagertraverse zu ermöglichen und die Endtangente des Binders mit der Schrägstellung des Mittelstückes auszugleichen, um an der Mittelstütze einen zwangsfreien Anschluß zu ermöglichen.

Nach dem Einbau einer vorbestimmten Anzahl von Montageschrauben an den Anschlußpunkten wurde der Binder auf die Auflagertraverse an der Eckstütze abgesenkt und befestigt.

Nach der Verbindung der Anschlußknoten am Mittelaufleger war aus Mittelstück und angehobenem Binder 1 ein Biegeträger mit kurzem Kragarm entstanden. Die Montageeinspannung des Mittelstückes konnte nun gelöst werden. Gleichzeitig war es möglich, den als Gegengewicht wirkenden Binder 2 wieder auf die Hilfsfundamente abzusenken und zu fixieren.

Wie bereits erwähnt, war die Torbinderverspannung nur für einen eintägigen Zwischenzustand mit reduzierten Windlasten bemessen. Außerdem war es erforderlich, diese für die Hubmontage des Binders 2 umzubauen. Aus diesem Grund wurde zur Stabilisierung der angehobenen Torbin-

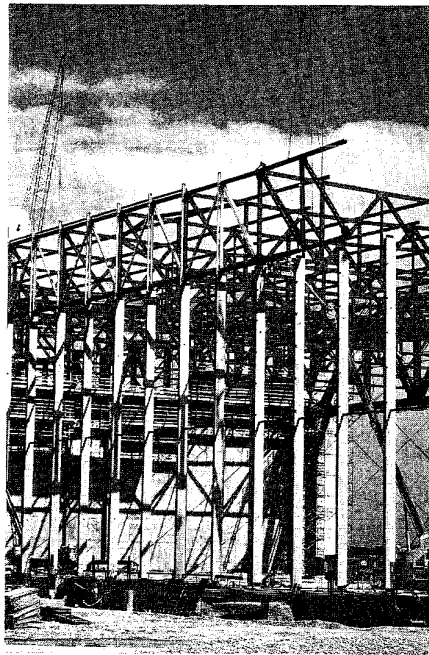


Bild 17. Montagezwischenzustand
Fig. 17. Intermediate stage of assembly

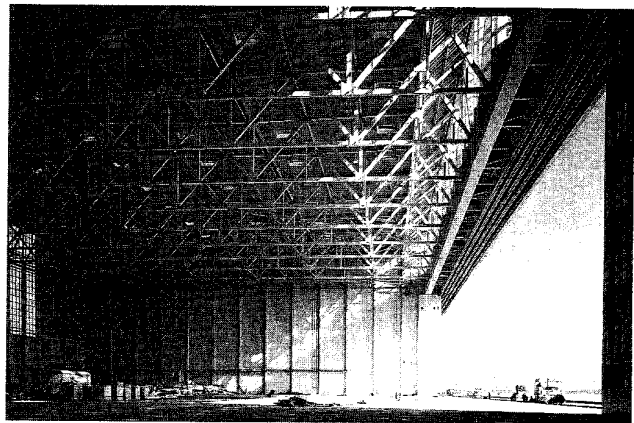


Bild 18. Stahlkonstruktion, fertig montiert
Fig. 18. Steel structure, fully assembled

derhälfte vor Demontage der Verspannung eine zweifache Schrägabspannung auf vorbereitete, temporäre Erdanker vorgesehen und nun angespannt.

Bereits vor dem Beginn der Binderhebung waren die dafür erforderlichen Abspannseile am Binder montiert und wurden in schlaffem Zustand mit angehoben. Im Falle eines unvorhergesehenen Ereignisses, wie Wettersturz oder Ausfall einer Presse, wäre so eine sichere Fixierung des erreichten Zustandes möglich gewesen.

Nach dem Spannen der Abspannseile konnte der Umbau der Verspannung von Binder 1 auf Binder 2 und die Umrüstung der zur Binderführung erforderlichen Konstruktionen erfolgen. Danach erfolgte die Anhebung von Binder 2 analog Binder 1.

Beim Anschluß von Binder 2 an der Mittelstütze mußte darauf geachtet werden, daß im Endzustand die Schnittgrößenverteilung eines Zweifeldträgers erreicht wurde. Zum Anschluß an der Mittelstütze mußte also Binder 2 entsprechend ausgerichtet werden. Dies geschah wiederum dadurch, daß Binder 2 am Endauflager höher angehoben wurde.

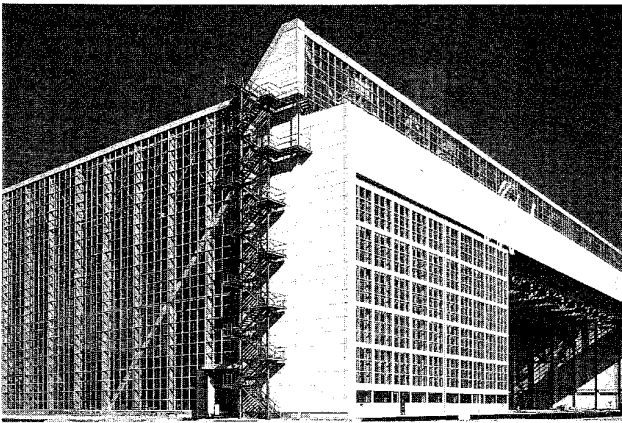


Bild 19. Die fertige Halle

Fig. 19. The completed shed

Die Anschlußpunkte konnten so fluchtend übereinandergebracht und mit den erforderlichen Montageschrauben verbunden werden. Gleichzeitig wurde an der Eckstütze wiederum die Auflagertraverse eingebaut. Ein anschließendes Absenken des Binders auf die Auflagertraverse erzeugte nun den gewünschten Zustand mit dem zugehörigen Stützmoment an der Mittelstütze.

4.3 Montage der restlichen Hallenkonstruktion

Die weiteren Schritte sind bereits von Binder 1 bekannt und konnten nun analog ablaufen. Nach Abspannung auf die Erdanker und Demontage der Verspannung war der Weg für die weitere Montage der Hallenkonstruktion frei. Diese wurde nun konventionell mit Autokranen durchgeführt. Zwischenzustände zeigen die Bilder 17 und 18.

5 Zusammenfassung

Die Konstruktion der Halle mit Dach, Glas- und Keramikfassade aus $1,20 \times 1,20$ m großen Platten, die aus Gründen der Flugsicherheit wegen der dadurch zu erwartenden geringen

Radarreflektionen gewählt wurde, ist heute fertiggestellt. Nach einem durch die Genehmigungsphase verspäteten Baubeginn im September 1989 konnte am 17. April 1991 Richtfest gefeiert werden. Zu diesem Zeitpunkt war das Tragwerk mit Hülle bereits komplett fertiggestellt. Im März 1992, rechtzeitig zur Eröffnung des neuen Flughafens MUC 2, konnte die Halle an den Bauherren und an die späteren Nutzer übergeben werden.

Einen Eindruck von dem fertigen Bauwerk gibt Bild 19. Daraus ist deutlich zu sehen, daß es gelungen ist, mit dieser Halle ein Bauwerk zu erstellen, das, betont durch die großen Glasflächen, leicht und filigran wirkt und durch seine einfachen und klaren Formen besticht. Es darf getrost als Zeugnis für modernen Stahlbau angesehen werden.

6 Beteiligte

Bauherr:	Flughafen München GmbH
Nutzer:	Ltu-Süd, Flughafen München GmbH
Generalplaner:	Planungsbüro Büschl, München
Entwurfs- und Tragwerksplanung:	Planungsgemeinschaft Hochtief AG, München Stahlbau Wolf GmbH, Rosenheim
Bauausführung:	Arbeitsgemeinschaft Hochtief AG, München Stahlbau Wolf GmbH, Rosenheim
Prüfingenieur:	Ing.-Büro Dr. Kupfer, München

Literatur:

- [1] Frühauf, W., Neff, M., und Nevens, R.: Die Stahlkonstruktion der Flugzeugwartungshalle für die Deutsche Lufthansa auf dem Flughafen München 2. Stahlbau 60 (1991), H. 7, S. 193–201.
- [2] Adam, V., Eberth, K.-H., und Olschewski, R.: Neubau der Flugzeughalle H in Hamburg; Stahlbau 60 (1991), H. 10, S. 299–303.
- [3] Reimers, K., und Stucke, W.: Neubau der Flughafenwartungshalle VI in Frankfurt/Main; Stahlbau 51 (1982), H. 10, S. 289–299.
- [4] Lindner, J.: Stabilisierung von Biegeträgern durch Drehbettung – eine Klarstellung; Stahlbau 56 (1987), H. 12, S. 365–373.
- [5] Czitary, E.: Knickung verspannter Stäbe; Österreichische Bauzeitschrift 12, Heft 1.
- [6] Ernst, H. J.: Der E-Modul von Seilen unter Berücksichtigung des Durchhanges; Der Bauingenieur 2/1965.