

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 116 (1998)
Heft: 27/28

Artikel: Weiträumiges Tragwerk und markante Kerne
Autor: Knoll, Franz / Meyer, Alex / Schläpfer, Hans Jörg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-79535>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 23.02.2026

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

Bauingenieure der Arge Zayetta, Zürich-Flughafen

Weiträumiges Tragwerk und markante Kerne

Für das Dock Midfield wurde interdisziplinär und in enger Zusammenarbeit aller Planer und Ingenieure ein Gesamtkonzept entwickelt. Bei einem hoch funktionellen, intensiv ausgenützten Gebäude ging es für die Bauingenieure darum, eine Konzeptidee beizusteuern, die gleichermaßen einfach, flexibel und kostengünstig ist.

Die unverkleideten Beton- und Stahlkonstruktionen, die schon im Wettbewerb und nunmehr in der weiteren Entwicklung das Kernstück des Projekts bilden, folgen diesen Ansprüchen in weitem und engem Sinne. Zudem wurde das Anliegen verfolgt, die Kellergeschosse möglichst zu eliminieren. Der ungünstige Baugrund mit weichen, tonig-siltigen Böden wie der hochgelegene Grundwasserspiegel machen Untergeschosse verhältnismässig teuer und zeitlich aufwendig in der Ausführung. Der Verzicht auf Untergeschosse hatte sich günstig auf die errechneten Kosten des Wettbewerbsprojekts ausgewirkt, musste aber aufgrund neuer programmatischer Anforderungen später aufgegeben werden: So wird nun eine Gepäcksortieranlage im Untergeschoß untergebracht, wodurch sich die Unterkellerung zusammen mit Bahnhof und Unterhaltsbereich des Personen-Transport-Systems beim heutigen Planungsstand über die gesamte Gebäudelänge erstreckt.

Die Materialwahl für die Bauteile wurde unter Einbezug verschiedenster Gesichtspunkte getroffen, die alle möglichst optimal zu erfüllen waren:

- Wirtschaftlichkeit
- ästhetische Erscheinung
- konstruktive Einfachheit
- bauphysikalische und akustische Auflagen
- langfristige Flexibilität
- geringe Bauhöhe
- zeitsparende Ausführung
- einfacher Unterhalt

Die konstruktive Ausgestaltung folgt im allgemeinen traditionellen Richtlinien, die Untergeschosse ausgenommen, für die weitgehende Studien und Untersuchungen durchgeführt wurden, um im Sinne einer Optimierung sowohl die Kosten wie auch die Risiken auf ein Minimum zu beschränken.

Der Leitgedanke des Projektteams – eine «Poetik des Alltags» anzusteuern – kommt in der konstruktiv-architektonisch integrierten Anlage dadurch zum Ausdruck, dass die verschiedenen Elemente klar ihre Funktion ausdrücken, also in direkter Weise das darstellen, was sie sind, nämlich zweckgebundene Elemente eines Ganzen.

Geologie

Das Dock Midfield liegt in einem Gebiet mit rund 30 m mächtigen Seeablagerungen. Darunter befindet sich eine tragfähige Moräne. Der Grundwasserspiegel liegt nur wenig unter der Geländeoberfläche. Die Feinheit der Bodenschichten nimmt von Osten nach Westen stark zu. Am östlichen Ende herrschen sandige Silte und Feinsand vor, während im westlichen Bereich tonige, weiche Silte angetroffen werden. Es handelt sich um eine Bodenbeschaffenheit aus feinsten horizontalen Schichten mit hoher horizontaler und geringer vertikaler Durchlässigkeit.

Aus der Variabilität des Aufbaus und den Eigenschaften des Bodens ergeben sich vielfältige Anforderungen und Bedingungen in bezug auf Stabilität, Wasserhaltung und Aushubtechnik. Das Baugrundmodell im Gebiet des Dock Midfield wurde mit Sondierungen und Laborversuchen ermittelt. Der Sand/Silt-Fraktion wurde eine innere Reibung j' von 27° bei Nullkohäsion, dem Ton/Silt $j'=22^\circ$ mit $c=15 \text{ kN/m}^2$ zugeordnet.

Baugrubenkonzept mit Vorversuchen

Die Aufgabe, eine bis zwölf Meter tiefe Baugrube mit einer Länge von 500 m zu realisieren, erfordert ein klares, bei Überraschungen oder bei Projektänderungen anpassungsfähiges Baugrubenkonzept. Viele Randbedingungen betreffend Bauablauf, Zeitvorgaben und Baugrubengeometrie müssen laufend berücksichtigt werden können.

Die Vorstudie führte zu den folgenden Projektideen: Erstens eine kontrollierte Grundwasserabsenkung zur Erstellung eines Voraushubs mit den Zielen der Abböschung im obersten Bereich des Baugrubenabschlusses (Kopfentlastung) und der Ausführung der Baugrube mit nur einer Ankerlage; zweitens eine Optimierung des Zwischenplanums und der An-

Die bautechnischen Daten der Baugrube

Aushub (Festmass)	150 000 m ³
Spundwand (Profil LA 23/24)	25 000 m ²
Anzahl Anker	600
Anzahl Wellpointfilter	1 000
Anzahl Kleinfilterbrunnen	50

kerkte, um eine sichere provisorische Baugrube erstellen zu können, die folgendes gewährleisten sollte: Anker mit genügend Abbindezeit, Pfähle mit minimaler verlorener Länge, Vereinfachung der Massnahmen zur Absenkung und Entspannung des Grundwassers im Bereich der Endaushubkote, das Abteufen von Maschinenräumen und Unterhaltskanälen im Bereich des Personen-Transport-Systems (PTS), das unter dem Niveau der Bodenplatte liegt, und schliesslich Endaushub und Einbau der Sprissplatte in einer kontrollierten Aushubetappe ab Zwischenplattform.

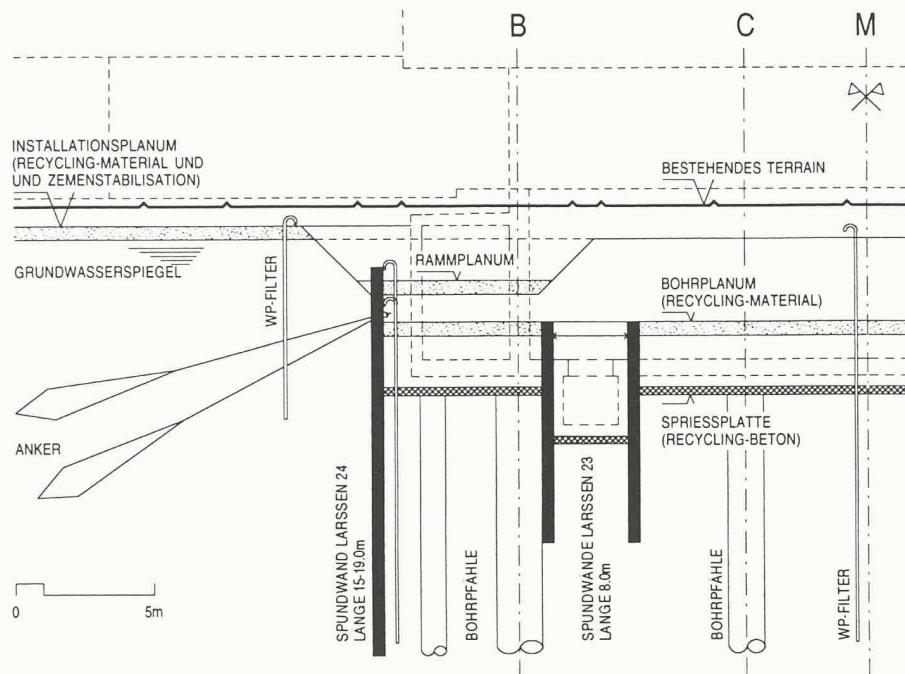
Nach dieser ersten Konzeptstudie konnten die einzelnen Baugrubenelemente wie Spundwände, Anker, Wellpoints und das Verhalten des Baugrundes beim Aushub mit Vorversuchen *in situ* geprüft werden. Mit den Versuchsergebnissen wurde das Baugrubenkonzept optimiert und ausführungstechnische Erfahrungen in die Projektierung und Ausschreibung einbezogen. Der heutige Planungsstand zeigt ein statisch und ausführungstechnisch optimiertes, einheitliches und kostengünstiges Baugrubenkonzept.

Fundation

Für das Fundationskonzept standen grundsätzlich drei Möglichkeiten zur Verfügung:

- Flachfundation (wegen der Weichheit der Böden könnte hier von einer «schwimmenden» Fundation die Rede sein)
- Schwimmende Pfähle (nicht bis zur festen Unterlage reichend, auf Mantelreibung dimensioniert)
- Stehende Grossbohrpfähle (in Moränenuntergrund eingebunden)

Die beiden ersten Fundationsarten sowie deren Kombination (z.B. «Frankfurter Modell»: schwimmende Pfähle für eine Teillast, der Rest wird über die Bodenplatte abgetragen) mussten wir trotz möglicher Kosteneinsparungen aufgeben. Beide Varianten hätten zu grossen absoluten und, noch schlimmer, zu grossen differentiellen Setzungen verursacht, die aus verschiedenen Gründen (Gebäudedurchfahrten, Wasserdichtigkeit, Einrichtungen usw.) nicht akzeptabel sind. Für die Fundationen fiel schliesslich die Wahl auf stehende Grossbohrpfähle, die in den Moränenuntergrund eingebunden sind. Neben der er-



Baugrubenkonzzept

Bautechnische Daten Pfahlfundationen

Bohrpfähle

(ø 900-1500 mm, 25-30 m Länge)

400 St.

Vorgefertigte Betonrammpfähle

3100 m

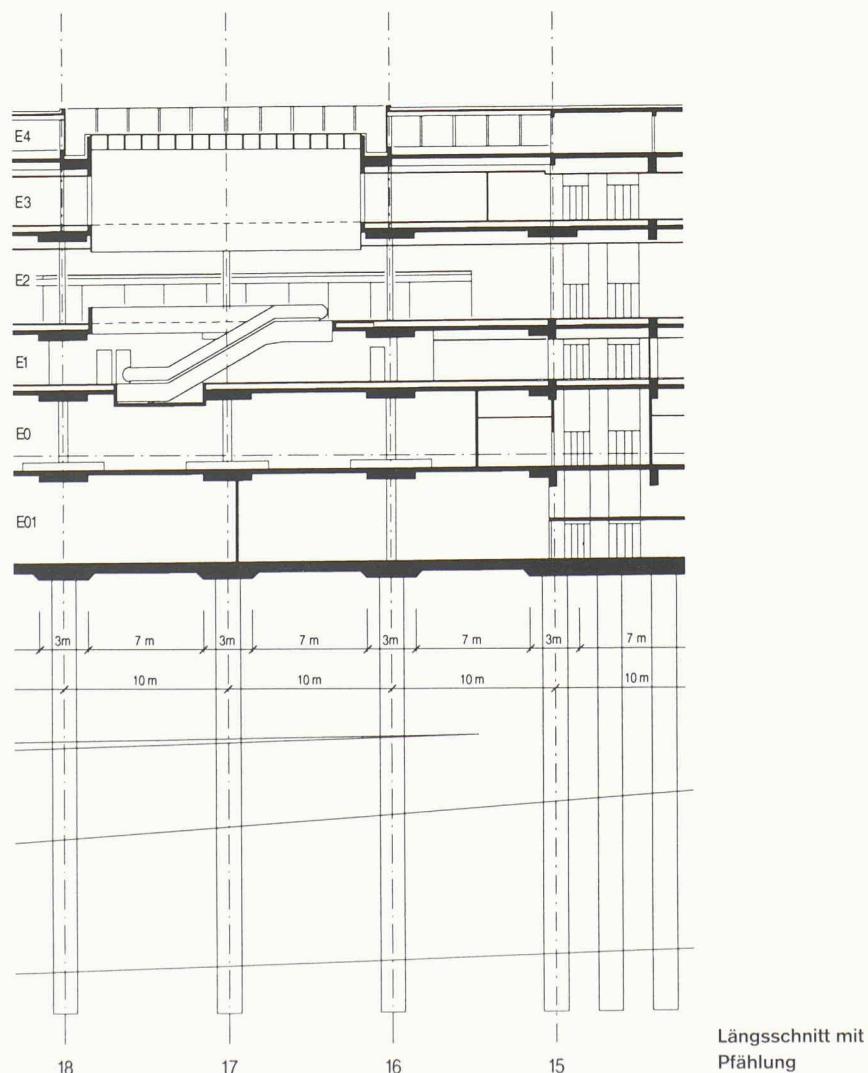
für Annexbauten

forderlichen Sicherheit geben Bohrpfähle die Möglichkeit der Energienutzung (vgl. Beitrag von Markus Hubbuch, S. 531). Wegen der grossen Auftriebskräfte wird ein Teil der Pfähle auf Zug beansprucht. Auch die Bodenplatte wird grossen Wasserdrücken ausgesetzt.

Tragkonstruktion Gebäude

Die Kombination steifer Kerne mit flachen Deckenkonstruktionen ist ein erprobtes Tragwerksystem, das Schwerlasten und Horizontalkräfte aufnehmen kann. Das Deckensystem aus Orthobeton-Flachunterzügen ist für unterschiedliche Grundrissvorgaben anpassungsfähig wie etwa grosse Öffnungen für Lichthöfe, Deckenauskragungen und einfeldrige Deckensysteme. Es verbindet im übrigen die Vorteile einer massiven Konstruktion (Wärmeträgheit, Steifigkeit, Akustik) mit denen der angenehm gegliederten Erscheinung, die eine Verkleidung unnötig macht. Die Stützen können, da sie keine bedeutenden Biegemomente aufnehmen müssen, mit verhältnismässig geringen Abmessungen ausgebildet werden. Beim weit vorspringenden Dach handelt es sich um ein bedeutendes architektonisches Element. Die schlanke Tragkonstruktion, im Außenbereich als Pergola ausgebildet und Träger der Sonnenenergieanlage, wird in unverkleidetem Stahl ausgeführt. Im inneren Bereich bildet dieses Tragsystem in Form einer Beton-Verbundkonstruktion die Decke der Lounges.

Erschliessungselemente wie die Rampen entlang der Fassaden, die Passerellen als Verbindung vom Dock zu den Fluggasttürmen sowie die Türme selbst sollen bei zukünftigen Nutzungsänderungen (z.B. die Einführung neuer Grossraumflugzeuge) wiederverwendet werden können. Der bauliche Eingriff soll minimiert und die begrenzten Möglichkeiten der Lastabtragung (nur auf die Flachunterzüge) berücksichtigt werden. Auch der formale Ausdruck muss hohen Ansprüchen genügen. Auf Grund dieser Bedingungen sind die Rampen und Passerellen als Stahlkonstruktionen geplant. Bei der Rampe dient ein teilweise verkleideter Kastenträger (Torsionssteifigkeit) als Haupttragelement, hier werden die Laufstege auskragend angefügt. Über biegesteife Scheiben, die auf einen Trägerrost fixiert sind, werden die Lasten punktuell auf die Stahlbetonkonstruktion abgegeben. Die Passerellen



Längsschnitt mit Pfähle

Bautechnische Daten Tragkonstruktion

Gebäude

Beton	47 000 m ³
Schalung	125 000 m ²
Armierung	5 500 t
Baustahl	1 650 t

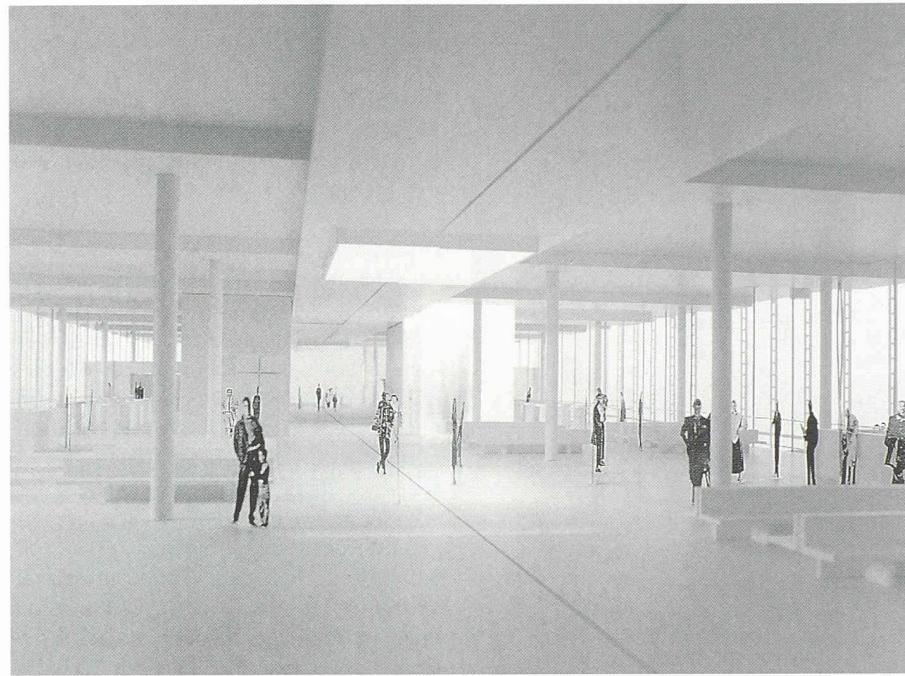
le ist als verkleideter Fachwerkbalken geplant. Für die Fluggastürme (24 Stück) und die Vordächer sind vorfabrizierte Betonelemente vorgesehen. Die Türme werden ringförmig aufgebaut; bei den Vordächern sind die vorgespannten Rippenplatten auf Ortbetonscheiben aufgelagert.

Die Kosten des Rohbaus sind, einschliesslich des aufwendigen Untergeschosses, verhältnismässig wirtschaftlich. Dies ist vor allem der Einfachheit und Einheitlichkeit der weiträumigen Tragstruktur zuzuschreiben, die eine vielfache Wiederverwendung der Mittel (Schalungen, Gerüste usw.) erlaubt. Durch die Wahl der beschriebenen einfachen Tragkonstruktionen kann eine vielfältige Unternehmerwahl getroffen werden, was zu weiteren Kosteneinsparungen führen sollte.

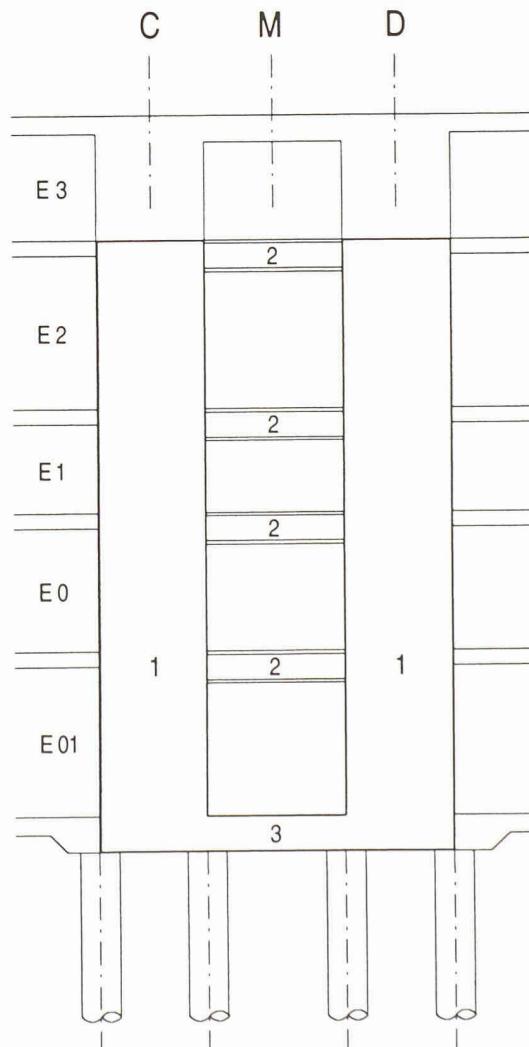
Erdbebenwiderstand

Die Baugrundbeschaffenheit - weiche Böden bedeutender Mächtigkeit - liess erkennen, dass das Zusammenwirken von Konstruktion und Untergrund zu einer gewissen Amplifikation der Erdbebenkräfte führen könnte. Um diesem Phänomen Rechnung zu tragen, wurde den Bemessungen für den Lastfall Erdbeben aufgrund spezieller Untersuchungen ein zusätzlicher Lastfaktor von $F=1,5$ zugeordnet.

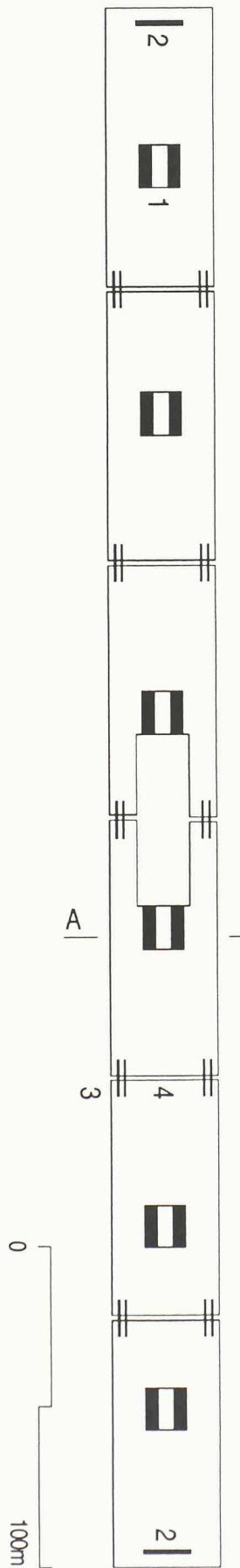
Bei konstruktiver Ausbildung der Hauptwiderstandselemente, der Kerne, kommt ein neuartiges Konzept zur Anwendung: In Experimentalstudien der letzten Jahre (D. Mitchell, Mc Gill University, Montreal) ist erkannt worden, dass mit gekoppelten Wandkompositionen (Bild 4) ausgezeichnete Duktilitätsgrade erreicht werden können, ohne dass die Konstruktion zu weich und flexibel wird. Als Kopp lungselement wurden dabei gewöhnliche, voll plastifizierbare Stahlträger eingesetzt, die sich, beidseitig in die jeweilige Hälfte der Kernwände eingespannt, als äusserst wirksam erwiesen haben. Das Gesamtsystem wird dabei im Sinne eines «Capacity Design» so dimensioniert, dass im Falle eines schweren Erdbebens eine vorgegebene «Versagenshierarchie» entsteht, d.h., zuerst würden jene Elemente (Kopp lungsträger) zu fliessen beginnen, deren plastische Verformungen keine bedeutenden Gebäudeschäden verursachen. In zweiter Linie würde sich an der Basis des Kerns ein Fliessgelenk in der kraftseitigen Hälfte einstellen. Alle anderen Versagensmechanismen (Betondruck oder -schub,



Innenraum mit sichtbarer Tragstruktur (Bild: Roland Stucki)



Schnittschema Erdbebenkonzept
Kerne
1: Betonkerne
2: Kopplungsriegel (Stahlträger)
3: Betonplatte



Grundrissschema Decken netzappen
(1: Kerne. 2: Aussteifung. 3: Kopplung mit
Zug-/Druckelement. 4: Dilatationsfugen)

Pfahlausreissen usw.) werden mit einer durch Wahrscheinlichkeitsrechnung abgesetzten Marge (min. 20%) stärker konstruiert, so dass die geplante Widerstandshierarchie auch bei Variationen der beteiligten Parameter (seismische Kräfte, Materialverhalten) erhalten bleiben wird.

Dilatationen

Dehnfugen stellen im Zusammenhang mit seismischen Erschütterungen Probleme dar. Es muss angenommen werden, dass verschiedene Gebäudeteile sich im Gegensinn bewegen und damit zusammenstoßen können, wenn die Fugenöffnungen nicht entsprechend gross bemessen sind. Diese Lösung würde wiederum schwierige Details bei den Fugenübergängen erfordern, die vermieden werden sollten. Im Falle des Dock Midfield müssen allerdings wegen der grossen Gesamtlänge Fugen vorgesehen werden, wenigstens solange bedeutende Bewegungen (Schwüden, thermische Dehnungen) stattfinden. Diese werden zum grossen Teil abgeklungen sein, wenn das Gebäude eingehüllt und bei gleichmässiger Temperatur gehalten wird. Zu diesem Zeitpunkt werden die Fugen kraftschlüssig überbrückt, so dass ein zusammenhängendes Ganzes entsteht. So wird auch vermieden, dass die Torsion - verursacht durch die exzentrische Anordnung der Kerne - in den einzelnen Gebäudeteilen im Falle eines Erdbebens zu hohen Beanspruchungen der Kerne führen kann. Die Konstruktion wird somit im horizontalen Sinn zu einem durchlaufenden Träger auf mehreren Unterstützungen. Damit sind unabhängige Bewegungen einzelner Gebäudeteile nicht mehr möglich.

Randbedingungen und Bauabläufe

Auf den ersten Blick scheint, dass der Bau des Dock Midfield auf freiem Feld erstellt werden kann. Bei näherer Betrachtung treten vielschichtige Abhängigkeiten zutage. Der Flugbetrieb, der Priorität hat, sowie die angrenzenden Bauvorhaben der fünften Bauetappe, d.h. Vorfeld, PTS-Tunnel, Strassen- und Medientunnel, beeinträchtigen den Bauablauf. Zwei Rollwege müssen umgeleitet werden, bevor mit dem Bau der Dockenden begonnen werden kann. Zudem muss ein bestehender Flugsicherungskanal, welcher mitten durch die östliche Bauetappe führt, ersetzt und umgeleitet werden. Aufgrund der Geometrie des Gebäudes und der diversen Vorgaben drängt sich eine Aufteilung in sechs Bauetappen auf. Diese Teilung entspricht auch der Anordnung der Kerne. Mit dem Bau wird in der Mitte begonnen und in beiden Richtungen gleichzeitig gearbeitet. Die Einflüsse der Anschlussbauwerke, die Zu-

gänglichkeit zum Bauplatz sowie der Platzbedarf der Nachbarbaustellen entsprechen innerstädtischen Verhältnissen. Die Gewährleistung der Transportkapazität, bei Tagesspitzen von mehreren 1000 m³ Materialtransporten für alle Bauvorhaben der fünften Ausbauetappe, ist eine nicht zu unterschätzende Aufgabe. Die Bewältigung all dieser komplexen und vernetzten Ansprüche erfordert ein hohes Mass an Koordination innerhalb des Projekts, aber auch mit den verschiedenen Planungsgruppen der anderen Bauvorhaben sowie beigezogenen Spezialisten. Die offene Einstellung aller Beteiligten und das Suchen nach guten, umfassenden Lösungen bildet eine wichtige Basis für das Gelingen dieser Zusammenarbeit.

Adresse der Verfasser:

Franz Knoll, Alex Heyer, Hans Jörg Schläpfer, Martin Leu c/o Arge Zayetta, Operations Center, Postfach, 8058 Zürich-Flughafen