

Zeitschrift: Bauen + Wohnen = Construction + habitation = Building + home : internationale Zeitschrift

Herausgeber: Bauen + Wohnen

Band: 31 (1977)

Heft: 4: Umbauten = Reconstructions = Rebuildings

Artikel: Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou : ein Arbeitsbericht von zwei Architekturstudenten = A study report by two architecture students

Autor: Bub, Jochen / Wessing, Wim

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-335776>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

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

Es gibt Gebäude, die die Menschen wie ein Fieber heimsuchen, die gotischen Kathedralen gehörten sicher dazu, oder die Unité d'Habitation in Marseille, mit der sich die Erwartungen der Nachkriegsgeneration verbanden.

Il existe des bâtiments qui atteignent les hommes comme une fièvre; les cathédrales gothiques en faisaient sûrement partie; de même l'Unité d'Habitation de Marseille qui se rattachait aux aspirations de la génération d'après guerre.

There are buildings which obsess people like a fever; the Gothic cathedrals certainly belong in this class, or the Unité d'Habitation in Marseille, which symbolized the expectations of the post-war generation.

Centre National d'Art et de Culture Georges Pompidou – ein Arbeitsbericht von zwei Architekturstudenten

Un rapport d'étude de deux étudiants architectes

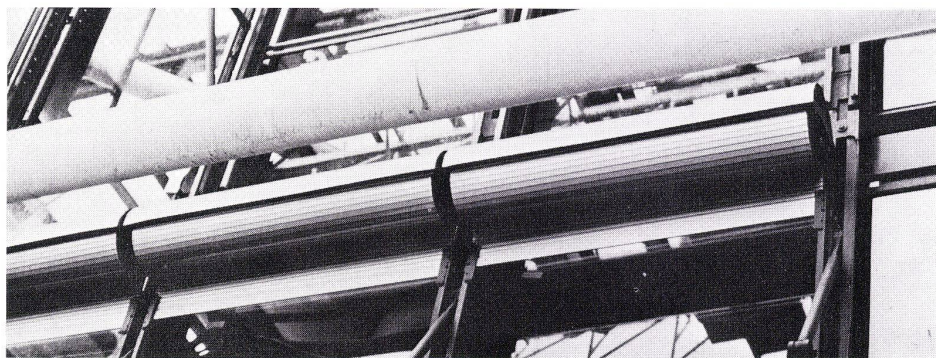
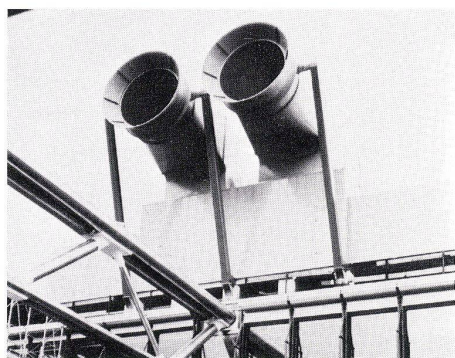
A study report by two architecture students

Jochen Bub, Wim Messing, Aachen, Maastricht

Studenten am Lehrstuhl für Baukonstruktion II, RWTH Aachen

Etudiants à la chaire de construction II, RWTH, Aix-la-Chapelle

Students in the department of Construction II, RWTH Aachen



Architekten

Piano + Rogers

Planungsteam:

Renzo Piano and Richard Rogers

Verantwortliche Partner

Walter Zbinden with Hans-Peter Bysaeth,

Johanna Lohse, Peter Merz, Philippe Dupont

Innere Struktur und maschinelle Einrichtungen

Laurie Abbott with Shunji Ishida,

Hiroshi Naruse, Hiroyuki Takahashi

Überbau und maschinelle Einrichtungen

Eric Holt

Fassaden und Galerien

Gianfranco Franchini

Wettbewerb, Programm, Inneres

Alan Stanton with Michaël Dowd, Rainer Verbizh

Innere/Äußere Systeme, Piazza, Audiovisuelles

Cuno Brullmann

Umgebung und räumliche Perspektiven

Bernard Plattner

Koordination und Sicherheit

Michaël Davies with Noriaki Okabe,

Ken Rupard, Jan Sircus

*Institut zur Erforschung und Koordination von**Akustik und Musik*

Françoise Gouinguenet, Claudette Spielmann and

Colette Valensi

Sekretariatsarbeiten

John Young with François Barat, Héléne Diebold,

Jacques Fendard, Jean Huc, Helga Schlegel

*Einrichtung und Ausstattung***Ingenieure:** Ove Arup + Partners – Paris and London

Teamleiter: Pohl Ahm, Peter Rice, Gerry Clarke

Verantwortliche Partner

Bauarbeiten: Peter Rice, Lenart Grut, Rob Pierce

Installationen:

Tom Barker

Lüftung

Alain Bigan

Elektrische Installationen

Daniel Lyonnet

Sanitärinstallationen

Kostenkontrolle:

Marc Espinoza, Dennis Stone, Frazer MacIntosh,

Malek Grundberg

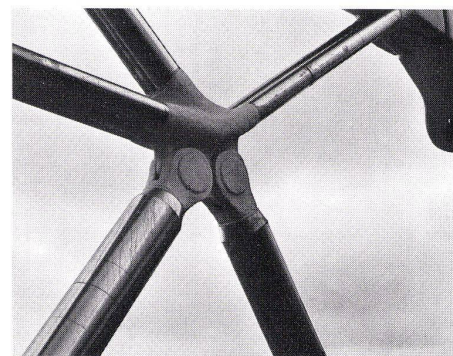
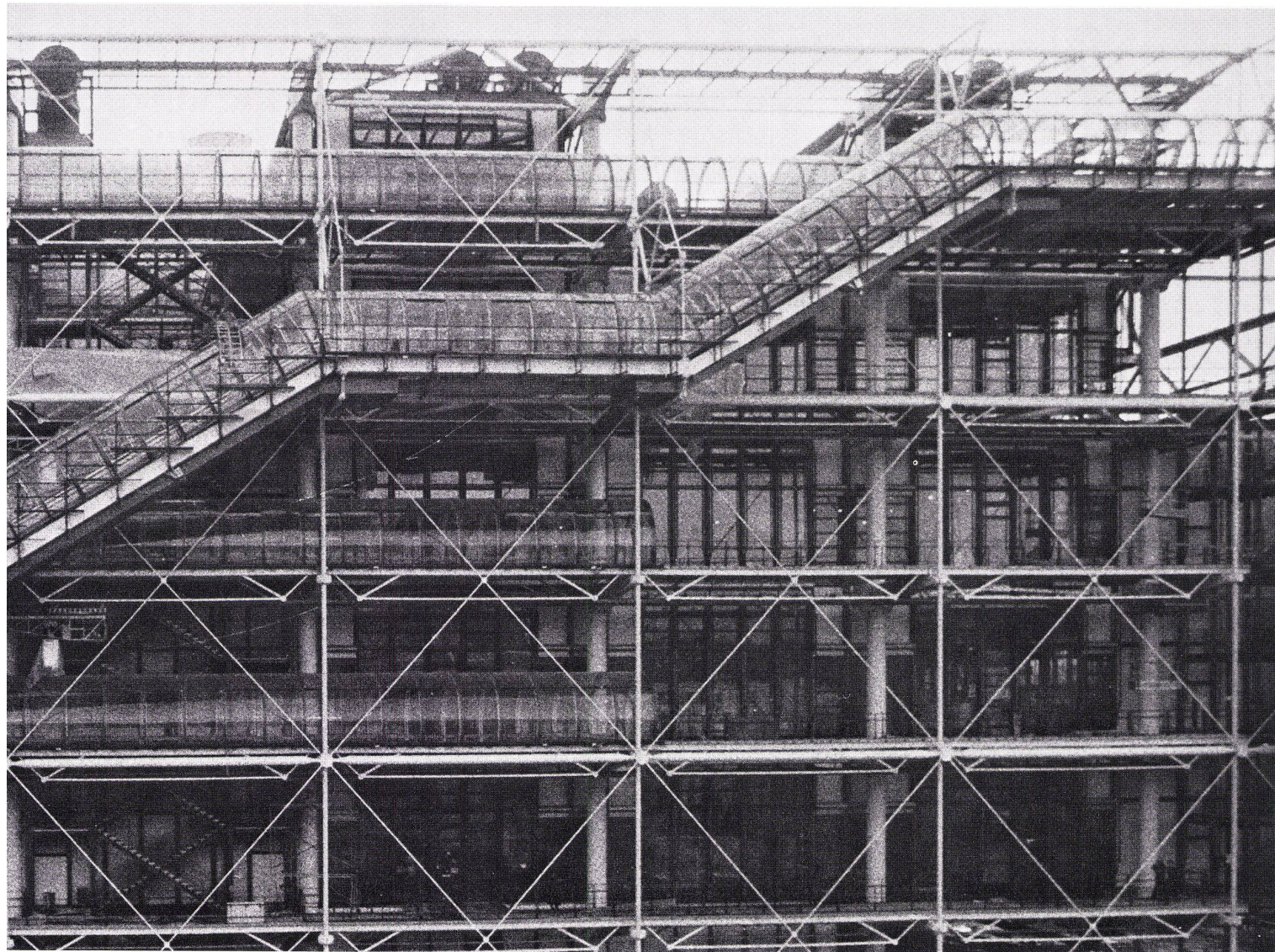
Projektplanung: Harry Saridjin

Bauführung:

G.T.M. – Grands Travaux de Marseille

Unternehmer:

Jean Thauray

Ingenieur für Arbeitsverteilung und Überwachung

Der Wettbewerb

1. Entwicklungsgeschichte des Wettbewerbsentwurfes

Das äußere Bild der Wettbewerbsarbeit wurde geprägt von zwei als Informationsträger dienenden Fassadenscheiben, die gleichzeitig die Lasten aus den dazwischengehängten, teils beweglichen Decken abtrugen, und von dem außenliegenden Erschließungssystem, das die Freizügigkeit im Innern des Gebäudes ermöglichte. Über die Tragstruktur waren zu diesem Zeitpunkt noch keine allzu detaillierten Angaben erarbeitet worden; man war sich aber darin einig, daß man althergebrachte Lösungen möglichst vermeiden und dieses Problem in innovativer Weise angehen wollte. Paris selbst bot ja gerade auf dem Gebiet des Stahlbaues – und für dieses Material hatte man sich entschieden – hervorragende Beispiele für eine solche Vorgehensweise, von denen der Eiffelturm nur das bekannteste ist. Als modernes Äquivalent sah man etwa das Dachtragwerk des japanischen Pavillons auf der Weltausstellung in Osaka mit seinen Gußstahlknoten an, in welche die Verbindungsstücke hineingeschraubt wurden.

Nach dem erfolgreichen Abschneiden im Wettbewerb drängte die Regierung auf sofortige Weiterarbeit am Entwurf, weil die Fertigstellung für den November 1975 geplant war. Innerhalb von drei Monaten änderte das Team Piano/Rogers/Arup auch aufgrund von Entwicklungen, die sich nach Abgabe der Wettbewerbsarbeit ergeben hatten, den Entwurf ab: Vor allem in konstruktiver Hinsicht wurden klarere Angaben gemacht. Wichtig war ihnen dabei, das Konzept der offenen Räume, deren Nutzung veränderlich sein sollte, beizubehalten. In der zweiten Phase wurde dies mit einer Vierendeelstruktur versucht. Die Träger waren dabei in jedem zweiten Geschoß angeordnet und nahmen dabei die Höhe eines Vollgeschosses ein; Ebenen mit und ohne Tragstruktur wechselten also einander ab, was aber hatte zur Folge, daß ein in frei nutzbare und beschränkt nutzbare Zonen unterteiltes Gebäude entstand.

Für die Art und Weise der Lastabtragung hatte man in der zweiten Phase verschiedene Möglichkeiten erarbeitet. An den Enden der Hauptträger waren zwei Stützen vorgesehen. Dabei sollte bei der einen Lösung der Träger in der Mitte zwischen diesen beiden Stützen aufliegen, bei einer anderen Lösung wiederum sollte der Träger von der ersten Stütze aufgenommen werden, während die zweite Stütze zur Befestigung des Trägerendes diente. Außerdem gab es auch noch den Vorschlag, zwei Hauptstützen mit Kragarmen zu verwenden. Da auch dies nicht zum gewünschten Erfolg führte, weil entweder zu große Stützweiten oder zu komplizierte Anschlüsse in Kauf genommen werden mußten, und auch vom Bauherrn her ein Kostenlimit gesetzt wurde, gelangte man schließlich im dritten Abschnitt der Entwurfsarbeit dazu, das von Gerber – einem deutschen Brückenbauer des 19. Jahrhunderts – entwickelte konstruktive System zu verwenden, das aus einem zwischen zwei kleinen Konsolen aufgehängten Träger besteht.

2. Bauablaufplanung

Der Wettbewerb wurde im Juli 1971 entschieden. Von der Regierung war die Fertigstellung des Kulturzentrums bis Dezember 1975 gefordert. Das hieß, daß für den Rohbau und Ausbau 38 Monate und für die Möblierung und Inneneinrichtung 4 Monate zur Verfügung standen. Aus Studien der beteiligten Architekten und Ingenieure ging hervor, daß die Art und Weise, in der die Errichtung des Stahlskeletts für den oberen Teil des Gebäudes erfolgen sollte, für das Ganze von entscheidender Bedeutung war. Man mußte daher versuchen, den Bauablauf dieses Abschnittes zuerst festzulegen und die dann noch verbleibende Zeit so realistisch wie möglich auf die Arbeiten zu verteilen, die der Vollendung des Tragwerks vorausgingen und folgten.

Die Überprüfung verschiedener Wege in bezug auf Montage, Aufbringung der Decken und Anbringung der Verkleidung führte zum Schluß, daß die Hochbauphase in 14 Monaten abgeschlossen werden konnte. Weiterhin ergab sich, daß mindestens ein weiteres Jahr veranschlagt werden mußte, um die mechanischen und elektrischen Systeme fertigzustellen sowie den Innenausbau zu komplettieren. Sie blieben nur noch 12 Monate für Tiefbaumaßnahmen übrig, die ja in der Regel den Hochbauten voranzugehen haben.

Ende Oktober 1971 wurde von Piano/Rogers/Arup dem Auftraggeber ein Bericht vorgelegt, der sich mit den verschiedenen Möglichkeiten auseinandersetzte, den Bauablauf zu koordinieren. In ihm wurde die Bedeutung der Aktivitäten, die dem tatsächlichen Bauvorgang voranzugehen haben, in den Vordergrund gerückt. Die Untersuchung empfahl weiterhin, auf ein sukzessives Vorgehen beim Bau des Kulturzentrums zu verzichten, also davon abzugehen, zuerst die Kellergeschosse auszuschachten und nach deren Fertigstellung mit dem darüberliegenden Teil des Gebäudes fortzufahren. Der Aushub der unteren Geschosse und die Montage des Skeletts auf der Bodenplatte wäre bei dieser Lösung dann zeitsparenderweise gleichzeitig erfolgt. Trotzdem wurden in ihm Bedenken geäußert hinsichtlich der kurzen Frist, die zur Überprüfung des Entwurfs, dem Herbeischaffen der Materialien und der Vergabe von Aufträgen zur Verfügung stand. Aufgrund all der oben dargestellten Überlegungen war es daher nur konsequent, der französischen Regierung die Bestellung eines Hauptunternehmers – main oder management contractor – zum frühest möglichen Zeitpunkt zu empfehlen.

Die Aufgabe des »management contractors« lag darin, die Integration der Entwurfs- und Bauprozesse zu gewährleisten. Das Konzept, in die Planung die Position eines »main contractors« einzuführen, der zuerst mit dem Entwurfsteam zusammenarbeitet und im Anschluß daran die Bauarbeiten aufeinander abstimmt und überwacht, war ungewohnt für französische Verhältnisse, so daß der Auftraggeber zunächst zögerte, den Vorschlag aufzugreifen. Im November 1971 einigte man sich schließlich mit der Regierungsdelegation auf eine Vertragsform, die einem der beteiligten Bauunternehmer die Rolle des »main contractors« zuwies.

Zwischen November 1971 und der Zeit, wo die Unternehmer eingeladen wurden, sich um die Aufträge zu bewerben (März 1972), war der Entwurf von dem Architekten- und Ingenieurteam weiterentwickelt worden. Während dieser Periode wurden zahlreiche Abänderungen vorgenommen, was die Planung der Kellergeschosse, des Tragsystems, der mechanischen und elektrischen Versorgungssysteme etc. anging. Außerdem mußte bei jeder einzelnen dieser Revisionen überprüft werden, welche Auswirkungen sie auf die Konstruktionsmethode und das Konstruktionsprogramm besaßen.

So kam es, daß, als die Angebote von der endgültigen Liste der Unternehmer eintrafen, 15 Programme für die Durchführung der Bauarbeiten vorbereitet worden waren. Die Firma Grands Travaux de Marseille machte schließlich als Hauptunternehmer das Rennen unter ihren Mitbewerbern. GTM ist eines der führenden französischen Bauunternehmen mit Tochterfirmen rund um die Welt. Zusammen mit ihr wurde die Planung für das Gesamtgebäude festgelegt.

Diese Abmachungen bildeten dann die verbindliche Basis für alle Arbeiten bis hin zur Vollendung des Stahltragwerks. In ihnen einigte man sich schließlich darauf, daß der Unterbau des Gebäudes in konventioneller Form ausgeführt werden sollte, d. h., daß man entgegen dem ursprünglichen Konzept vorhatte, die unterste Bodenplatte zuerst zu gießen. Davon ging man wieder ab, da die Stahlstützen der einzelnen Geschoßrahmen bereits 9 m unterhalb des Niveaus der Erdgeschoßbodenplatte zu verankern waren. Dies reduzierte das Ausmaß der Tiefbauarbeiten und machte es möglich, zum regulären schrittweisen Vorgehen bei der Bauablaufplanung zurückzukehren.

3. Geotechnik

Nachdem von seiten der Architekten die Grundzüge der Konstruktion festgelegt worden waren und man die Bodenuntersuchungen am Plateau Beaubourg abgeschlossen hatte, schälten sich folgende vier größeren geotechnischen Problemkreise heraus.

- Die Gründung für die Hauptstützen (barettes) hatte sowohl ein Moment von 18 000 Megapondmetern als auch eine vertikale Nettobelastung von 4000 Megapond aufzunehmen.
- Während der Ausschachtungsarbeiten und des Baues der 16 m tief in den Boden reichenden Hauptkellergeschosse waren sowohl provisorische Stützmauern als auch Stau-mauern permanenter Natur erforderlich.
- Durch diesen 16 m tiefen künstlichen Geländeerschnitt war zu erwarten, daß die unterste Bodenschicht mit Druck nach oben reagiert, vor allem auch, weil ihre geologische Beschaffenheit (Schlick, Ton) jenes Verhalten begünstigte.
- Unterhalb der Kellerbodenplatte mußte mit Auftrieb gerechnet werden. Das Höhenniveau des Kellerbodens lag mit + 20 m NN gerade über dem normalen Grundwasserspiegel, der aber, sollte die Seine Hochwasser führen, mit größter Wahrscheinlichkeit auf + 27 m NN klettern würde. Der Wasserdruck betrage dann in diesem Falle ca. 7,0 Megapond/m². Dem stünde der Eigengewichtsdruck des Gebäudes in Höhe der Gründungssohle von nur 2,9 Megapond/m² gegenüber.

Aus dieser Erkenntnis heraus entschied man sich für aufwendige Untersuchungen über die Durchlässigkeit der einzelnen Bodenschichten. Man wollte herausbekommen, wie groß der maximale Wasserandrang sein würde, um danach das erforderliche Drainagesystem zu dimensionieren.

Zwischen Januar und April 1972 wurden 17 Probebohrungen durchgeführt. Bei neun wurde die Sonde mit kontinuierlichem Bohrkern ohne Unterbrechung bis zur gewünschten Bodenschicht vorangetrieben, zwei davon reichten bis zur Tiefe von 80 m. 13 Bohrlöcher waren mit Piezometern ausgerüstet, um den Wasserdruck in jeder Bodenschicht bis zur Tiefe von + 12 m NN zu messen, während gleichzeitig in fünf Bohrlöchern ständig die Stärke der Wasserströmungen zwischen und in den Gesteinsformationen registriert wurde. Außerdem wurden zwei Schächte von 1,5 m Durchmesser gegraben, von denen jeder über 20 m tief war. Es stellte sich dabei heraus, daß die Fundamente auf »Rochette«, einer stabilen Gesteinsschicht aus relativ kohärentem Kalkstein, gegründet werden konnten, was natürlich außerordentlich vorteilhaft war. Das »Skelett« der temporären Stützmauern rund um das Baugrundstück bestand aus Doppel-T-Profilen, die in vorbereitete Löcher geschoben, am Boden festbetoniert und in ihrem oberen Teil mit einem losen Zement/Bentonit-Gemisch hinterfüllt wurden. Zwischen die Doppel-T-Profile klemmte man fortschrei-

tend mit zunehmender Ausgrabungstiefe entweder Beton- oder Holztafeln. Auf ihrer Rückseite wurde die Mauer durch vorgespannte, im spitzen Winkel angeschlossene Erdverankerungen stabilisiert. Langfristig rechnet man mit einer Aufwölbung des Geländes, da das Gewicht des entfernten Bodenmaterials unterhalb des Hauptgebäudes und seiner westlich an ihm angrenzenden Tiefgaragengeschosse dasjenige des fertigen Baues übersteigt. Sie wird sich aber nach Berechnung in erträglichen Grenzen halten und maximal 60 mm betragen. Zur Kontrolle werden vertikale Erdbewegungen durch Meßgeräte erfaßt, die sich in gerader Linie und im lotrechten Abstand von 2 m zwischen der

und einen abgetrennten feuer- und diebstahlsicheren Bereich aufweist, in dem Lastkraftwagen entladen werden können. Auf fast der gesamten Oberfläche dieses unterkellerten Abschnitts befindet sich die Piazza des Kulturzentrums.

2. Eine östlich gelagerte Zone, auf der das Stahltragwerk ruht. Sie ist ungefähr halb so groß wie das Gesamtgelände und enthält die Energiezentrale, Lagerräume, ein Theater, Kino und Kunstgalerien.

Die Fläche der Piazza beträgt 140×60 m. Auf eine Länge von 60 m fällt sie sanft ab von +36 m – Höhe Straßenoberkante der Rue St. Martin – bis Höhe +32 m und läuft von dort

auf der Oberfläche der Mauer ruht. Die »barettes« stellen die Hauptfundamente für das Stahltragwerk dar. Sie sind 1 m breit, 11 m lang und variieren in der Tiefe von 16,5 bis 24 m. Dies hängt mit der Bodenbeschaffenheit zusammen, weil man natürlich bemüht war, die Fundamente bis zur tragfähigsten Schicht vorstoßen zu lassen. Da der felsige Untergrund des Geländes sich leicht zum Nordosten hin neigt, reichen die »barettes« für diesen Teil des Bauwerks in eine größere Tiefe hinab als am südwestlichen Ende. Im ganzen gibt es 28 »barettes«, 14 auf jeder Seite des Hauptgebäudes, dessen Stützenmaß in Längsrichtung von 12,8 m naturgemäß mit dem Abstand der



untersten Kellerbodenplatte und der nächstgrößeren Bodenformation (Mergel/Kreide) befinden. Das Problem des Auftriebs wurde bewältigt mit Brunnen, die das Drainagesystem entlasten und sich von Gründungssohle abgerechnet bis in eine Tiefe von 5 m erstrecken. Von vorneherein wird aber der Wasserzufluß schon durch Staumauern gebremst aus einer in den Boden injizierten Zement/Bentonit- und Bentonit/Silikat-Mischung. Auf diese Weise wird er in Zeiten hohen Grundwasserspiegels innerhalb kontrollierbarer Grenzen gehalten.

Während die Grundarbeiten schon begonnen worden waren, machte eine Planungsänderung unterhalb des letzten Kellergeschosses ein weiteres, flächenmäßig kleineres Geschoß notwendig, die sogenannte »cuvelage«. Sie lag tiefer als der Grundwasserspiegel, infolgedessen mußte eine Reihe von Filterbrunnen für die Absenkung des Grundwassers sorgen.

4. Tiefbau-Maßnahmen

Der Gebäudeunterbau umfaßt eine Fläche von insgesamt ca. 160×100 m. Durchweg beträgt seine Tiefe ca. 16 m mit Ausnahme eines im mittleren Bereich liegenden begrenzten Gebietes von $70 \times 40 \times 4$ m, der oben erwähnten »cuvelage«. Er zerfällt in zwei Hauptteile:

1. Eine westlich gelagerte Zone, die insgesamt 680 Parkplätze für Autos und Busse bereithält, gleichzeitig eine vom normalen Parkverkehr unbehinderte Zulieferung ermöglicht

praktisch schwellenlos in das Hauptgebäude über. Allerdings mußte die ursprüngliche Idee, den Übergang zwischen Piazza und Gebäude ohne Hindernis, also ohne den Einbau von Glaswänden, zu gestalten, fallengelassen werden. Das Stützenraster unter der Stahlstruktur des Bauwerksborteils weist Abmessungen von $12,8 \times 8$ m auf.

Für den Mehrzweckraum auf Höhe +27 m, wo größere stützenfreie Abmessungen notwendig sind, beträgt der Abstand 25,6 m.

Die Stahlkonstruktion ist von Kote +36 m, dem Straßenniveau der Rue St. Martin, bis auf die Kote +27 m durchgeführt und erreicht dort die Gründungszone.

Das Gebäude weist zwei Stützenreihen in 48 m Entfernung auf, die von einem Einfeldträger überspannt werden. Die Hauptträger des Stahltragwerkes geben ihre Kräfte vermittels eines Gelenkes an einen Hebel ab; dieser Hebel umgreift die Hauptstütze, ist mit ihr durch einen Querbalken gelenkig verbunden und läuft in einem Kragarm aus.

Wegen der fehlenden starren Anschlußpunkte mußte sich der Kragarm, bedingt durch die senkrechten Lasten, nach oben bewegen und der Träger nach unten. Um Gleichgewicht herzustellen, wird daher der Kragarm am Ende durch eine Zugstange gefaßt, die vom Niveau +27 ab tief in die »barette« hineingeführt und mit einer massiven Ankerplatte justiert ist, während die 6 m von der Zugstange entfernte Hauptstütze

Mittelachsen der Fundamente identisch ist. Ihr Abstand in Querrichtung hingegen beträgt, bedingt durch ihre Länge, nur 41 m im Vergleich zu den 48 m Abstand zwischen den Stützen. Die Einleitung von Druckkräften aus den Stützen und Zugkräften aus den Endverankerungen der Hebel führt in den »barettes« zu einem in unterschiedlicher Richtung wirkenden Kräftepaar und damit zu einem inneren Drehmoment. Dies ist deshalb wichtig, weil wegen dem Drehmoment die Ausschachtung, die Bewehrung und das Gießen der »barettes« in einem einzigen kontinuierlichen Vorgang erfolgen mußte, um eine monolithische Struktur zu erreichen.

Bei einem Fundamentblock wurde sogar die Größenordnung von 200 m^3 erreicht. Das riesige angewandte Moment wird aufgenommen durch Scherung an den Seiten, Enden und der Basis der Gründung und durch Gegendruck des felsigen Untergrundes.

5. Das Tragwerk

5.1 Grundgedanke

Sowohl die Auftraggeber als auch die Planer wollten ein bloß monumentales, eher einschüchterndes als einladendes Gebäude vermeiden. Es sollte im Gegenteil eine Stätte sein, die man gerne aufsuchte, in der man sich gerne aufhielt, und die durch ihre Form und Gestaltung etwas von der Atmosphäre der Offenheit, die man im Inneren wünschte, auch nach außen hin vermittelte.

Die bauliche Form konnte nach Meinung der Architekten wenig mehr sein als eine Hülle, die die sich darin abspielenden Prozesse umgibt, aber nicht bestimmt. Darauf weist auch der frühe Entwurfsgedanke hin, das Kulturzentrum eingeschossig zu gestalten, und die Nutzungsebenen einfach einzuhängen. Das Gebäude sollte also Wandel und Veränderung nicht entgegenstehen, sondern sie sogar initiieren helfen. Anfangs sollte die Nutzungsflexibilität unter anderem durch bewegliche Decken erreicht werden. Dieser Plan mußte jedoch wegen des damit verbundenen Aufwandes fallengelassen werden. Das Konzept der Flexibilität wurde daraufhin durch das Konzept der Anpassungsfähigkeit – adaptability – ersetzt. An die Stelle der beweglichen Decken und der dadurch verursachten mechanischen Verbindungselemente trat die Vorstellung eines einzigen großen Raumes, der mit der Benutzung angepaßt und verändert werden kann.

Dieser »große Raum« umfaßt beim endgültigen Entwurf eine Geschoßfläche von einem Hektar und erreicht eine Stockwerkshöhe von 7 m. Das sechsgeschossige Gebäude mit der Gesamthöhe von 42 m ist im Grunde nichts anderes als »sechs eingeschossige Hallen, von denen die oberliegenden auf das Dach der unterliegenden gestellt sind« (Renzo Piano). Um diese großen, stützenfreien Flächen zu ermöglichen, mußte ein Tragwerk entwickelt werden, das Stützweiten von etwa 50 m frei überspannte. Außerdem zog das Konzept des offenen Plans die Konsequenz nach sich, daß Festpunkte, die diese Offenheit in der Nutzung wieder einschränken würden, wie das Erschließungssystem und die haustechnischen Anlagen, möglichst vom Innenraum an den Außenraum zu verlagern waren. Sie befinden sich deshalb in zwei Bändern entlang der Hauptfassaden vor beziehungsweise zwischen dem Tragwerk, weshalb keine Fassade im Sinn einer geschlossenen Außenfläche existiert. Dem Entwurf des Haupttragwerks kam deshalb als optisch bestimmendes Element architektonisch eine hervorragende Bedeutung zu. Schon während des Wettbewerbs hatte man in dieser Richtung wichtige Vorentscheidungen getroffen. Das Tragwerk sollte in Stahl ausgeführt werden sowie wassergefüllte Stützen, leichte Träger und abnehmbare Decken erhalten. Man merkte jedoch bald, daß die gestalterische Freiheit stark durch die Tatsache eingeschränkt wurde, daß es sich bei Stahl um einen »formellen« Baustoff handelte. »Das heißt, seine Formen werden durch die vorhandenen Profile bestimmt, wobei seine Eigentümlichkeit von Details abhängt, die oft einer trockenen und schwer verständlichen Präzision geprägt werden. Er hat ganz einfach etwas von den »bezaubernden« Eigenschaften verloren, die er einmal gehabt hat« (Peter Rice).

5.2 Statisches System

Die Konstruktion des Tragwerks hatte drei wesentliche Punkte zu erfüllen:

Sie mußte sechs durchgehende stützenfreie Decken mit den Abmessungen 48×168 m aufweisen.

In der Querrichtung mußten zwei 6 m breite Streifen an die Stützweite von 48 m angefügt werden, die an der einen Seite für den Fußgängerverkehr der Besucher und an der anderen Seite für betriebstechnische Einrichtungen des Gebäudes reserviert waren.

Das Erscheinungsbild des Kulturzentrums sollte differenziert, abwechslungsreich und einladend sein und den Ausstellungscharakter des Bauwerks klar hervorheben. Dem Tragwerk war dabei die Aufgabe zugeordnet, Funktion und Organisation des Gebäudes zum Ausdruck zu bringen.

Die Architekten erarbeiteten schließlich einen Grundriß, der allen drei Prämissen Rechnung

trug. Er wies Stützen auf, die von Mittelachse ab gerechnet, um 1,60 m vor die Fassade gesetzt waren, während die äußerste Linie des Tragwerks um 6 m von dieser Achse entfernt war. In diesem Zwischenraum liegen auf der einen Seite des Gebäudes die Erschließungssysteme, auf der anderen die betriebstechnischen Einrichtungen. Die Glaswände waren um 7,6 m von der äußersten Gebäudelinie aus nach hinten gerückt. Damit war das Tragsystem klar sichtbar. Die Stützweite der Hängerträger wurde anschließend von einer Fassade zur anderen auf 44,8 m festgelegt. Insgesamt weist das Gebäude 13 Felder mit einer Länge von 12,90 m und einer stützenfreien Breite von 48 m auf. Die Felder werden von 14 miteinander identischen, sechsgeschossigen Rahmen getragen, die sich aus zwei Stützen zu jeder Seite und einem Fachwerkhängerträger in jedem Geschoß zusammensetzen. Der Hauptträger, der statisch als Rahmenriegel betrachtet werden kann, ist parallelgürtartig aus Rundrohren zusammengesetzt. Dieser Einfeldträger gibt seine Kräfte an zwei Hebel ab, die von oben auf die Stütze geschoben sind und auf einem Querbolzen aufliegen. Die Hebel greifen um 1,60 m vor die Stütze aus Schleudergußrundrohren – in dieser Entfernung findet der Kontakt mit dem Träger statt – während ihre äußeren Enden im Abstand von 6 m vor der Rundstütze durch senkrecht angeordnete Zuganker verbunden sind. Die Anschlüsse dieser Konsolen am Binder und an der Stütze sind als echte Gelenke ausgebildet, die keine Momente übertragen, während beim Anschluß der Zugstangen wegen ihrer geringen Biegesteifigkeit auf ein Gelenk verzichtet werden konnte. Die Zugstangen sind an jedem Ende mit einem Gewinde versehen, das in den Schraubkopf greift, in welchen der Hebel außen mündet. Die Anwendung des Hebels, der auf französisch »Gerberette« genannt wurde, ermöglicht, die Ausmittigkeit senkrechter, auf eine Stütze wirkende Lasten zu beseitigen und sie so für die Aufnahme der z. B. auf Konsolen aufgebrachten Lasten geeignet zu machen.

Wie schon ausgeführt, reichen die an den Konsolen angebrachten Zugstangen tief in die Fundamentbalken hinein, während die Stützen in Höhe der Geländeoberkante auf einem Kugelgelenk sitzen. Das Kugelgelenk ist die Spitze eines weiteren Stützenschaftes, der von Geländeoberkante 9 m nach unten reicht und mit der Bewehrung des Fundamentbalkens fest verbunden ist. Daraus folgt, daß die Haupttragwerkrahmen als reguläre gelenkige Einheiten angesehen werden können, von denen jede Einheit unter der Wirkung senkrechter Lasten unabhängig von der anderen reagiert. Dieses Verhalten wurde auch ermöglicht durch konstruktive Überlegungen bei der Aufbringung der Decken, die zwischen den Fachwerkträgern eine Stützweite von 12,80 m haben. Sie bestehen aus regulären I 500 DIN 1025 im Abstand von 3 m und tragen darauf liegende 11 cm dicke Stahl-Betonverbundplatten von ca. 3 m Breite und 6,4 m Länge.

Das Profil ist mit Hilfe eines Plattenstoßes gelenkig mit einem an den Obergurt des Fachwerkträgers angeschweißten Profilstumpf verbunden. Im Zusammenhang mit der Tatsache, daß die Stahl-Betonverbundwirkung durch Verbunddübel erzielt wird, die sich nur auf einer Länge von 10,40 m in der Mitte der Stützweite von 12,80 m befinden, läßt dies die Annahme zu, daß es sich bei dem Stoß um ein echtes Gelenk mit Drehmöglichkeit handelt. Hinzu kommt, daß sich direkt an der Nahtstelle zwischen zwei Deckenplatten über dem Obergurt des Fachwerkriegels eine Fuge befindet, also keine Deckenplatte über den Obergurt hinausgreift. Das Pro-

blem der Verdrehungsspannungen, die auftreten können, wenn z. B. zwei Träger unterschiedlich belastet werden und sich damit unterschiedlich senken, hat man so in den Griff bekommen, daß man die Decken eines der Felder an allen Feldrändern gelenkig auf die Träger auflagerte, während man die Decken des folgenden Feldes fest mit den Trägern verband. Durch die zweite Maßnahme wurde die Standfestigkeit der aneinander angrenzenden Träger garantiert. In Querrichtung ruhen die Tafeln von 6,40 m Breite unabhängig voneinander auf der Unterkonstruktion. Sie sind durch eine 5 mm breite Fuge voneinander getrennt und nur lose durch Stahlstifte miteinander verklammert. Die Decke ist dadurch



also in die Lage versetzt, sich den Bewegungen des Bauwerks nahezu elastisch anzupassen. Allerdings hat das Raster von Quer- und Längsfugen innerhalb der Deckenstruktur den Nachteil, daß die Deckenebenen nur bedingt zur Windaussteifung herangezogen werden können. Die Decke ist mehr oder weniger in Einzelscheiben aufgelöst, und diese Einzelscheiben wirken im Verbund mit dem aus Deckenträgern und Hauptträgerobergurten gebildeten Viergelenkrahmen hauptsächlich den Schubspannungen entgegen. Da das Gebäude auch keinen Kern besitzt, in den die Windkräfte abgeleitet werden könnten, mußte dafür ein relativ komplexes System von Verspannungen entwickelt werden. Die in der Regel durch den Wind und durch die Bewegungen der Stütze hervorgerufenen horizontalen Querkkräfte werden durch die Fassade und die Stützen auf die Querträger der Tragwerkrahmen und von dort auf die Decken übertragen. Die Decken wiederum führen die Windkräfte von der Breitseite des Gebäudes auf die Stirnseiten. Hier befinden sich die Fachwerkträger vom ersten Geschoß ab bis zum fünften Obergeschoß miteinander im gelenkigen Verbund. Der Verbund wird durch sechs paarweise im spitzen Winkel angeschlossene Schrägstäbe erzielt. Zwei davon sind seitlich, einer ist in der Mittelachse der Fachwerkträger angeordnet – zusammen mit den Trägern bilden sie eine schubsteife Scheibe. Trotz der durch die Stäbe bedingten Umkehrung der Spannungen im Obergurt und

Untergurt unterscheiden sich die Fachwerkträger im Endfeld nicht von den übrigen Trägern im Gebäude. Die Scheibenwirkung erstreckt sich allerdings nur auf das erste bis fünfte Geschoß, da es formal und auch aus Nutzungsgründen – an der Stirnseite des Gebäudes befinden sich eingerückt überdachte Freiflächen – wenig sinnvoll schien, die Schrägstäbe bis zum Erdgeschoß durchzuführen, um die unbedingt erforderliche Erdverankerung vorzunehmen. Daher sind diese Verbände an die vier Eckpunkte des Gebäudes unterhalb des letzten Hebels gerückt. Sie bestehen jeweils aus zwei gekreuzten Diagonalen, wobei das eine Paar in einer Zange den Schraubkopf des Hebels umgreift, während das andere Paar kurz vor der Stelle mit der »Gerberette« in Kontakt steht, an der sie die Stütze umschließt.

Beide Diagonalen, die eine Parallelverschiebung zwischen Stütze und Zugband verhindern sollen, sind durch Gelenke mit der »barette« verbunden. Die Standfestigkeit des Gebäudes in Längsrichtung wird garantiert durch ein Raster von senkrecht angeordneten Windverbänden, die aus vorgespannten Kreuzstreben bestehen. Ein Rasterquadrat nimmt dabei die Breite eines Feldes und die Höhe zweier Geschosse ein. Die Kreuzstreben sind in die an die äußeren Enden der Gerberettes angebrachten Stahlringe geschraubt, zusammen mit horizontal durchlaufenden Längsstäben, die identisch sind mit den um 6 m dahinterliegenden Längsstäben, welche jeweils zwei Stützen gegeneinander aussteifen. Aus statischen Gründen war es notwendig, die vertikale Ebene der Diagonalstäbe mit der horizontalen Ebene der Deckenscheiben zu verbinden. Dabei mußte zunächst der innere Abstand zwischen der Mittelachse der Stützenreihe und der Fassade von 1,60 m als auch die sich daran anschließende Distanz bis zum äußeren Ende der Gerberette von 6,00 m überbrückt werden. Das geschah im ersten Fall durch zwei Diagonalstäbe und im zweiten Fall durch K-Verbände. Die K-Verbände sind genau wie die Längsstäbe in der Ebene der Hebelenden nur in jedem zweiten und nur in den Deckenebenen über dem zweiten, vierten und sechsten Geschoß angeordnet.

5.3 Montage

Der Transport der Stahlteile, die zum Teil aus Deutschland geliefert wurden, und von denen die Träger die größten Abmessungen aufwiesen, erfolgte mit der Eisenbahn bis zur Porte de la Chapelle und von dort auf dem Straßenwege zur Baustelle. Um nicht unnötig den Verkehr zu belasten, begrenzte man die Zahl der Träger, die in einem Stück geliefert wurden und verlegte die Anlieferzeit auf den Abend. Man ging sogar so weit, sie nur an einem Tag in der Woche, und zwar Donnerstag nachts, zu transportieren. Erstaunlicherweise war nur ein 500-t-Kran notwendig, um sie von den Transportfahrzeugen aufzunehmen und sie zu montieren. Während man bei den Trägern darauf achtete, daß es keine auf der Baustelle auszuführenden Schweißarbeiten gab, gelangten die Stützen in je zwei Teilen zur Baustelle. Man montierte zunächst das eine Stützenteil zusammen mit den drei unteren Querträgern der Tragwerkrahmen und den entsprechenden Deckenträgern, um dann das zweite Stützenteil auf das erste zu schweißen. Die Schweißnaht an dieser Stelle war relativ unproblematisch, weil die Stöße nur auf Druck beansprucht werden.

Die Montage erfolgte feldweise von Süden aus. Nachdem ein Tragwerkrahmen montiert war, sorgte man durch Montageverbände für dessen Standfestigkeit. Die Montageverbände der Fachwerkträger ähnelten dabei in der Form den nun permanenten Aussteifungen der Giebeltragwerke. Die Montage eines Feldes nahm 10 Tage

in Anspruch, die Gesamtmontage einschließlich des Aufbringens der Betondecken dauerte 8 Monate. Es gab keine größeren Schwierigkeiten, was sicher ein positiver Seiteneffekt des klaren Aufbaus war, den man für das Tragwerk entwickelt hatte.

6. Brandschutz

Die Größe wie auch die Konzeption des Centre Georges Pompidou haben dazu geführt, spezifische Lösungen auf dem Gebiet des Brandschutzes zu suchen, mit dem Ziel, die Silhouette des Gebäudes nicht zu zerstören.

Die Baubehörden hatten gefordert, daß die Stabilität des Gebäudes bei einem 2 Stunden andauernden Brand gewährleistet sein müßte. Das bedeutete, daß die zulässige maximale Temperatur aller konstruktiven Metallteile innerhalb dieser Zeit nicht über 450 °C ansteigen dürfte. Die Komplexität des Tragwerks hatte zur Folge, daß verschiedene voneinander abweichende Techniken verwendet werden mußten, um das Problem zu lösen.

Der Brandschutz der 28 tragenden Stützen des Haupttragwerks ist gewährleistet durch eine innenliegende Bewässerung. Die angewandte Technik unterscheidet sich vom System Multin, das sich seit einigen Jahren in Frankreich und im Ausland entwickelt hat. In dem hier verwendeten System gibt es keine Verbindungen mehr zwischen den Stützen. Die Wasserzirkulation, die den Abtransport der Wärme regelt, wird ausschließlich von einer im Oberteil der Stütze angebrachten Unterwasserpumpe besorgt. Berechnungen haben gezeigt, daß im Falle eines 2stündigen Brandes in einem der Stockwerke die Temperatur des Wassers nicht über 85 bis 90 °C ansteigen wird, ohne daß Flüssigkeit zugeführt wird. Mit anderen Worten, die umlaufende Wassermasse – 27 m³ – ist ausreichend, um die entstandene Wärme aufzunehmen und abzuführen. Die Folgen einer totalen Katastrophe wurden nicht in Betracht gezogen, weil das Gebäude in Brandabschnitte unterteilt ist, wodurch das Feuer sich nicht von Etage zu Etage ausbreiten kann.

Der Brandschutz aller auf Zug oder Druck beanspruchten Teile des Fachwerkträgers wurde erreicht durch die Anwendung einer Ummantelung, die Wärmeeinleitung verzögert. Die Toleranzen zwischen den Rohren des Obergurtes und des Untergurtes reduzierten in einer Anzahl von Fällen die Stärke der Schutzschicht. Zudem mußte man Rücksicht nehmen auf die Komplexität der Gußteile. Dies führte dazu, daß die Verbindungsknoten sowie die dem Feuer ausgesetzten Deckenträger eine aufgespritzte Schutzschicht bekamen aus Mandolite – einem pulverförmigen Produkt aus der Basis von Vermiculite und Zement. Die nicht sichtbaren Teile des Tragwerkes bekamen eine Aufspritzung aus pulverförmigem Vanifiber.

Die Röhren des Fachwerkträgers wurden mit einer Ummantelung versehen. In den Fällen wo es keine Probleme mit Abständen zwischen verschiedenen Teilen gab, übernahmen 2 halbe Lagen Rocksill-Steinwolle, umgeben von einer Außenhaut aus nichtrostendem Stahl, den Schutz. Die Stärke der Schutzschicht wird bestimmt durch die thermische Tragheit der Teile und schwankt zwischen 19 und 35 mm. In den Fällen, wo kein ausreichender Zwischenraum zwischen 2 Teilen besteht, um eine Ummantelung mit einer ausreichenden Stärke Schutzschicht aus Rocksill vorzunehmen, wurde eine Brandschutzumhüllung aus Marinite gewählt, einem Gewebe aus Asbestzement. Aus formalen Gründen wurde der zugbeanspruchte Untergurt mit einer 6 mm starken Capoflex-Schicht versehen, einer zusammendrückbaren Keramikfaser. Die Kühlung der Gerberettes wird bewältigt

durch eine in der Fassade angebrachte Bewässerung. An der Stelle, wo der Träger durch die Fassade geht, wurden im oberen Teil Pical-Brandschutz-Elemente und im unteren Teil doppelte Draval-Brandschutzscheiben eingesetzt. Diese Scheiben werden zusätzlich im Inneren durch eine Art Sprinkler-Düse bewässert, wodurch die Wärme aufgenommen und die Ausstrahlung verhindert wird.

Die tertiäre Struktur besteht einerseits aus dem Verkehrssystem – hauptsächlich an der Westfassade – andererseits aus dem haustechnischen Leitungsnetzwerk, das über die ganze Ostfassade verteilt liegt. Während die Teile der Westfassade unterschiedliche Lösungen aufweisen, hat die Ostfassade eine durchgehende Brandschutzwand aus Pical-Elementen. Schließlich werden der Teil der Fassade, der aus Glas besteht, wie auch die Eingänge der Aufzüge geschützt durch Stahlrolläden, die bewässert und automatisch geschlossen werden. Die 8 Fluchttreppen werden geschützt durch eine eigene Brandschutzwand.

Die mit Securityglas verkleideten Fußgängerbrücken und die äußere Rolltreppenanlage weisen keinen Feuerschutz auf und werden bei einer Evakuierung nicht eingesetzt.

Diesen Komplex von Maßnahmen zum Brandschutz der Primär-, Sekundär- und der Tertiärstruktur wurde ergänzt durch die Einteilung des Gebäudes in Brandabschnitte. Hierdurch wird das Ausbreiten eines Brandes aus seiner Entstehungszone verhindert. Das System besteht aus einer umsetzbaren Brandschutzwand, die jedes Geschoß in zwei Brandabschnitte teilt, Decken aus Stahlbeton, verschließbaren Öffnungen der innenliegenden Rolltreppen und doppelten Dravalscheiben in den oberen 2,7 m der Fassade. Um die Brandbelastung zu reduzieren, wurde die ganze Inneneinrichtung aus nicht brennbaren oder mindestens nicht entflammbaren Stoffen hergestellt. Alle Räume sind mit Rauchabsaug- und Sprinkleranlagen ausgerüstet. Um in den Räumen mit Kunstwerken einen Platzregen zu vermeiden, treten diese erst in Aktion, wenn zwei Sprinklerköpfe gebrochen sind.

Die Evakuierung des Publikums erfolgt über die 8 Fluchttreppen aus Stahl. Da die fünfte Etage nicht erreichbar war für die Leitern der Feuerwehr, wurden die Enden des vierten Stocks als Terrassen ausgebildet, so daß das Publikum von hier aus gerettet werden kann.

Das Gebäude hat ein Rauch- und Brandmeldungsnetzwerk in Zusammenhang mit der Fernüberwachung. Es schaltet selbsttätig sämtliche Schutzmaßnahmen ein.

7. Die zentrale technische Überwachung

Die außerordentliche Komplexität dieses Gebäudes hat dazu geführt, eine Anlage zu entwickeln, die die ganze Technik von einer Stelle aus steuern und kontrollieren kann. Sie hat neben dem Steuer- und Kontrollprogramm auch eine Überwachungsfunktion und achtet auf die Sicherheit der Besucher und der Kunstwerke. Da man zu Anfang noch nicht über ein geeignetes Programm verfügt, wird nur ein Teil der Kapazität genutzt, die erst in einigen Jahren voll ausgeschöpft sein wird.

Die zentrale technische Überwachung umfaßt 6000 Kontrollpunkte, 3000 für die Klimaanlage, 1000 für die Elektroinstallation, 1000 für die sanitäre Installation und die Transportsysteme, 700 für die Sicherheit der Kunstwerke, 300 für den Brandschutz.

Darüber hinaus hat die Anlage ein Fernsehnetz mit 25 Monitoren und 130 Kameras, die sowohl von Hand wie auch automatisch-zyklisch zu steuern sind.

J. B., W. M.