

Instabile Strukturen

Peter Rice

Ich bin Ingenieur, und als Ingenieur - das mag ein bißchen komisch wirken - bin ich eher an der Substanz der Dinge interessiert als an ihrem Bilde. Und das ist eine schwierige und komplexe Vorstellung, denn natürlich nehmen wir gemeinhin das Bild der Dinge wahr. Viele der Architekten, mit denen ich zu tun habe, besitzen ein klares Bild von dem, was sie tun, aber ihr Verständnis vom Wesen ihres Tuns ist häufig nicht besonders klar.

Offensichtlich kann man keine instabile Struktur bauen; wenn man also von instabilen Strukturen spricht, spricht man von einem Bild, das instabil wirkt. In Wirklichkeit müssen sie natürlich stabil sein, sonst wären Leute wie ich bald arbeitslos. Betrachtet man also den Zusammenhang zwischen stabilen und instabilen Strukturen, muß man an die Stelle der Realität eines Entwurfs das Bild dessen setzen, wie die Elemente des Entwurfs sein "sollten".

Ich habe das Glück, an Dingen arbeiten zu können, an denen ich arbeiten wollte. Im allgemeinen hat meine Arbeit zweierlei zum Ziel: Ich möchte das Wesen von Materialien verstehen und durch dieses Verständnis versuchen, für jedes gegebene Material zu schaffen, was man die entsprechende kulturelle Ästhetik nennen könnte. Versteht man die physischen und mathematischen Merkmale des Materials, kann man allmählich mit diesen Materialien arbeiten und ihre Eigenschaften nutzen. Außerdem interessiert mich die Stabilität oder vielmehr das Bild der Stabilität. Ich spreche von der Art und Weise, wie wir als Ingenieure das Verhalten von Strukturen berechnen und analysieren. Seit fünfzehn oder zwanzig Jahren, seit Einführung der Computer, können wir uns mathematisch und analytisch auf Probleme einlassen, die wir zuvor nicht hätten angehen können, weil diese Probleme ihrem Wesen nach iterativ sind.

Traditionell wurde das Bauingenieurwesen (und das Ingenieurwesen ganz allgemein) als eine exakte Wissenschaft begriffen. Man konnte etwas betrachten

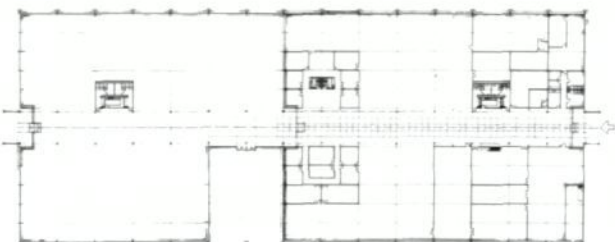
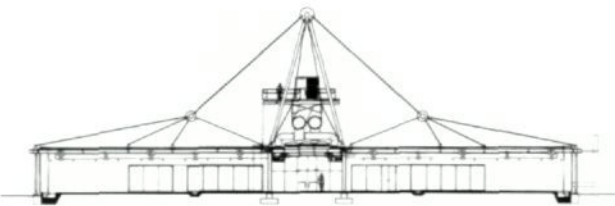
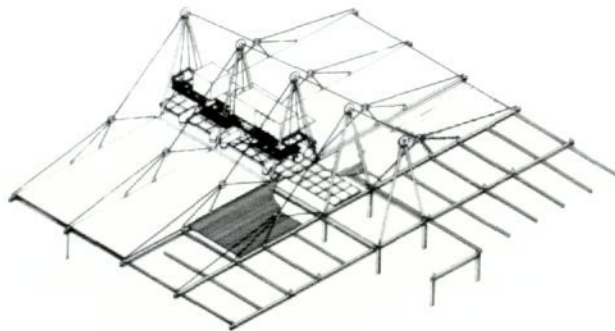
und es analysieren und entscheiden, ob es richtig war oder nicht. Und in gewissem Sinne war das ein einfacher Prozeß - man ging von einigen Annahmen über das Verhalten, über die Art und Weise seines Funktionierens aus, und aufgrund dieser Annahmen, die man im allgemeinen als wahr einschätzte, konnte man Berechnungen und Analysen anstellen und sehr einfach mit ihnen arbeiten.

Es gab jedoch eine ganze Klasse von Strukturen, die einfachen Annahmen nicht gehorchten (die Aufhängung eines Kabels zum Beispiel). In den letzten zehn bis fünfzehn Jahren hat sich nun plötzlich etwas entwickelt: Berechnungen brachten näherungsweise eine Lösung für die Analyse von Strukturen, die weder einfach waren noch besondere Merkmale aufwiesen. Diese Techniken eröffnen die Möglichkeit, Strukturen auf andere Weise zu untersuchen, und in gewissem Sinne ist das Bauingenieurwesen fast immateriell geworden. Ich halte es für möglich, Dinge wie die

Einstellung eines Menschen zur Stabilität zum Ausdruck zu bringen, zu der Art und Weise, wie Strukturen durch das Wesen der Elemente innerhalb der Strukturen geometrisch stabil gemacht werden. Daher hat mich dieser Aspekt des Ingenieurwesens immer besonders interessiert.

Eines dieser Merkmale, eine der Arten, wie Stabilität und Strukturen im allgemeinen immer beschrieben wurden, bestand darin, diese Elemente, diese Strukturteile mehr als eine Funktion erfüllen zu lassen. Mittels solcher Vereinheitlichung der Dinge im Verhalten von Strukturen werden zum Beispiel typischerweise große Gebäude entworfen: man kommt damit der realen Stabilität tatsächlich recht nahe. Aber aufgrund der Natur von Zeichnungen und Menschen haben wir Bilder entwickelt, die das Gefühl von Stabilität vermitteln. Und mein Gefühl ist, daß einer der Konflikte zwischen Architekten und Ingenieuren aus dieser Dichotomie entsteht, zwischen dem Bild davon, was stabil und was nicht stabil ist, und dem, was wirkliche Instabilität ist.

In meiner eigenen Denkweise versuche ich, bei der Performance, bei der Fertigstellung von Konstruktionen die



Tragstruktur, Schnitt und Grundriß des Patscenter in New Jersey, inmitten eines Industrieparks. Architekt: Richard Rogers.

Plans of the Patscenter in New Jersey, designed by Richard Rogers, London.

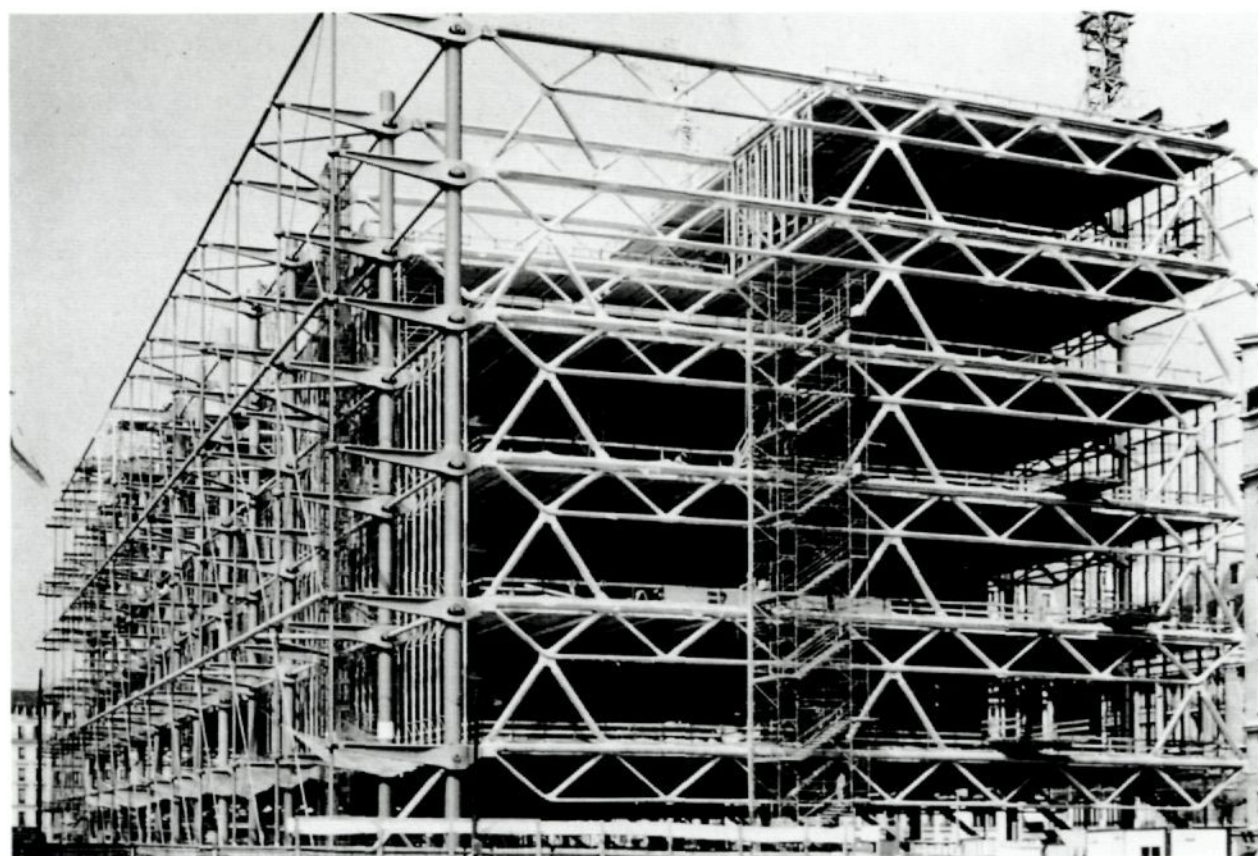
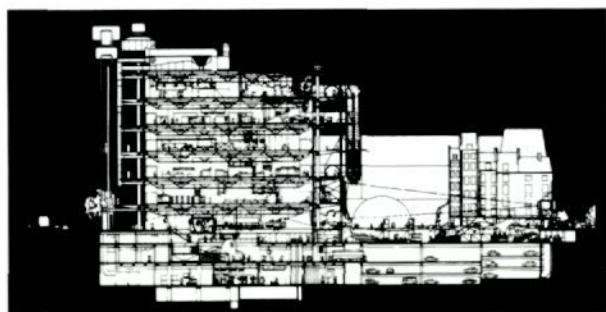
einzelnen Elemente zu separieren und eine Hierarchie einzuführen, um bestimmte Elemente vor anderen wahrzunehmen. So kann man ein Bild von Instabilität auswählen, ohne der Instabilität auch nur nahe zu kommen. Man kann bis zur Grenze der realen Stabilität vordringen und diese Grenze als ästhetischen Parameter verwenden.

Die Erforschung der Grenzen der Stabilität ist unter anderem deshalb interessant, weil sie die Menschen zwingt, zu untersuchen, was sie sehen. Eines der großen gesellschaftlichen Probleme lautet, daß die übergroße Mehrheit der Menschen einschließlich der Profis ihre Umgebung niemals wirklich wahrnehmen. Man muß sich sehr anstrengen, um ihre Aufmerksamkeit zu wecken, um sie dazu zu bringen, Dinge wirklich anzusehen. Menschen haben sehr deutliche Vorstellungen von dem, was ihrer Meinung nach sicher ist und was sie als unsicher betrachten. Sobald ihnen etwas

begegnet, was auch nur im geringsten instabil ist, werden sie darauf vermutlich sehr aufmerksam reagieren. Das ist ein sehr interessantes Mittel, um Menschen anzulocken oder sie zu zwingen, zu untersuchen und zu begreifen, was sie sehen.

Bevor ich Beispiele zu diesem Thema anführe, möchte ich noch erwähnen, daß ich in verschiedenen Funktionen tätig bin. Ich arbeite bei Ove Arup in London und besitze außerdem ein kleines Büro in Paris, wo wir uns mit unkonventionellen Aufträgen auseinandersetzen. Das heißt, ich bin einerseits konventioneller Ingenieur, der zusammen mit Architekten Ideen entwickelt, die deren ästhetischer Kontrolle unterliegen. Andererseits arbeite ich völlig selbständig als eine Art Ingenieur/Entwerfer, was heutzutage sehr ungewöhnlich ist.

Im neunzehnten Jahrhundert war die Kombination Ingenieur/Entwerfer ziemlich verbreitet, aber in neuerer Zeit und besonders in der Architektur hat die professionelle Arbeitsteilung die Rolle des Ingenieurs auf die eines Assistenten reduziert, der eher für die Methoden verantwortlich ist, als wirklich Entwürfe zu initiieren und anzuregen. Am Ingenieur als Entwerfer ist besonders interessant, daß man alle Informationen kontrolliert, mit denen man zu tun hat. Der Architekt muß sich - aufgrund der ganzen Natur des Bauprozesses, der Komplexität bebauter Umwelt, der Komplexität der tatsächlichen Errichtung des Gebäudes - auf andere verlassen. Der Ingenieur übt eine viel stärkere



Das Gerberträgersystem des Centre Pompidou ermöglicht große Spannweiten. Die Kräfte werden über die vertikalen Zugstäbe abgetragen, die bis zu 20 m tief in den Fundamentstreifen verankert sind. Architekten: Richard Rogers und Renzo Piano.

The system of Gerber trusses at Centre Pompidou makes wide spans possible. The forces are transferred to the vertical tension members, that are anchored up to 20 m in the foundation. Architects: Richard Rogers and Renzo Piano.

Die sogenannten "Gerberetten" aus Gußeisen verbinden die Fachwerkträger mit den außenliegenden Zugstäben. Die gerade neu entstandene Wissenschaft der "Bruchmechanik", die das Verhalten von Metallen unter Belastung beschreibt, wenn sich kleine Sprünge und Risse im Metall befinden, war die Grundlage für die "Formfindung" der Gerberetten.

Socalled "Gerberettes" made of cast steel connect the framework girders with the outward tension members. The "form finding" of the Gerberettes was based on the new science of "fracture mechanics", predicting the behaviour of slightly flawed metals under strain.



Kontrolle aus, soweit es um die Definition von Konstruktionen, Elementen und Gebäuden geht, die ohne jeden Bezug zu anderen Berufen errichtet werden können. Man kann weit kohärenter erforschen und verstehen, was man tut. Mit dieser Frage setzte ich mich erstmals auseinander, als wir am Wettbewerb um das Centre Pompidou teilnahmen.

Das Schöne daran war: Wenn man in einem Wettbewerb wie diesem siegt, dann kann man tun, was man will, weil man den normalerweise geltenden Kontrollen nicht mehr unterliegt. In gewissem Sinne hat man den Segen des Papstes; man wird von der Planung und anderen Kontrollen nicht mehr eingeengt. Deshalb konnten wir strukturelle Lösungen für die architektonischen und konstruktiven Probleme vorschlagen, die angesichts der damaligen Baupraxis geradezu empörend wirkten. Dadurch kamen wir in die Lage zu erforschen, was und wie etwas war - wie eine bestimmte Wirkung zu erzielen war, wie man Konstruktion als Teil der Architektur verwenden kann, damit sie sich in

ihrem Abbild selbst erklärt. Das Centre Pompidou ist eine seriöse Konstruktion, die das Spektrum der Produktionsmethoden von Stahl zeigt, vom Gußeisen bis zu normalen Stahlelementen.

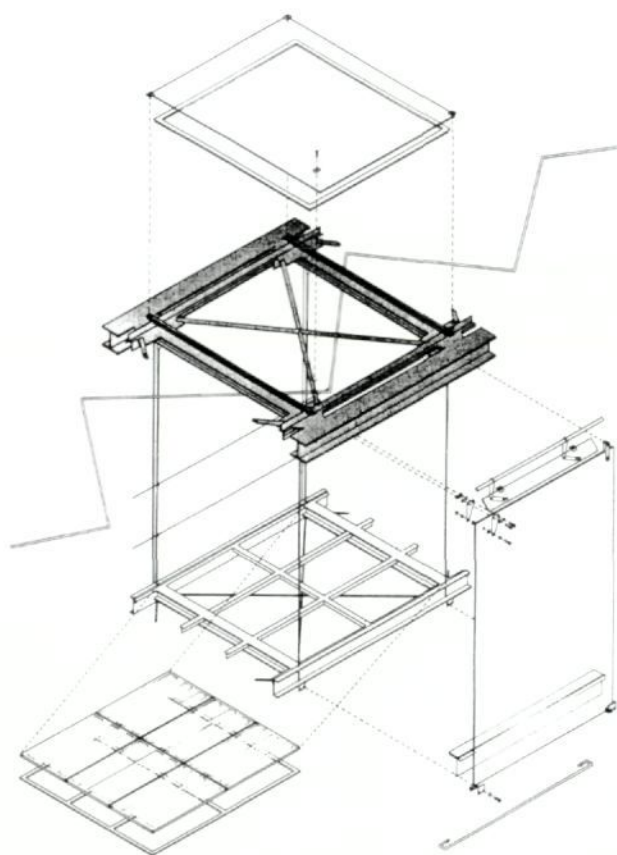
Wir nahmen die Elemente und bauten daraus den gesamten tragenden Rahmen, und zwar instabil. Dann brachten wir über die volle Länge des Gebäudes Verstrebungen an, von einem Ende zum anderen, um die Stabilität der

gesamten Konstruktion auf die Enden zu übertragen. Und dadurch konnten wir die Einzelteile der Konstruktion auf eine Weise planen und entwerfen, die eine bestimmte Art ingenieurer Performance deutlich zum Ausdruck bringt, so daß sie sich wirklich erklären und verstehen läßt. Ich bin zum Beispiel fest



Oben: Axonometrische Systemskizze der Konstruktion.
Rechts: Das Innere der Lintas Fußgängerbrücke bei Tageslicht.
Architekt: Marc Held.

Above: Axonometric detail.
Right: Interior of the Lintas Footbridge at daytime. Architect: Marc Held.



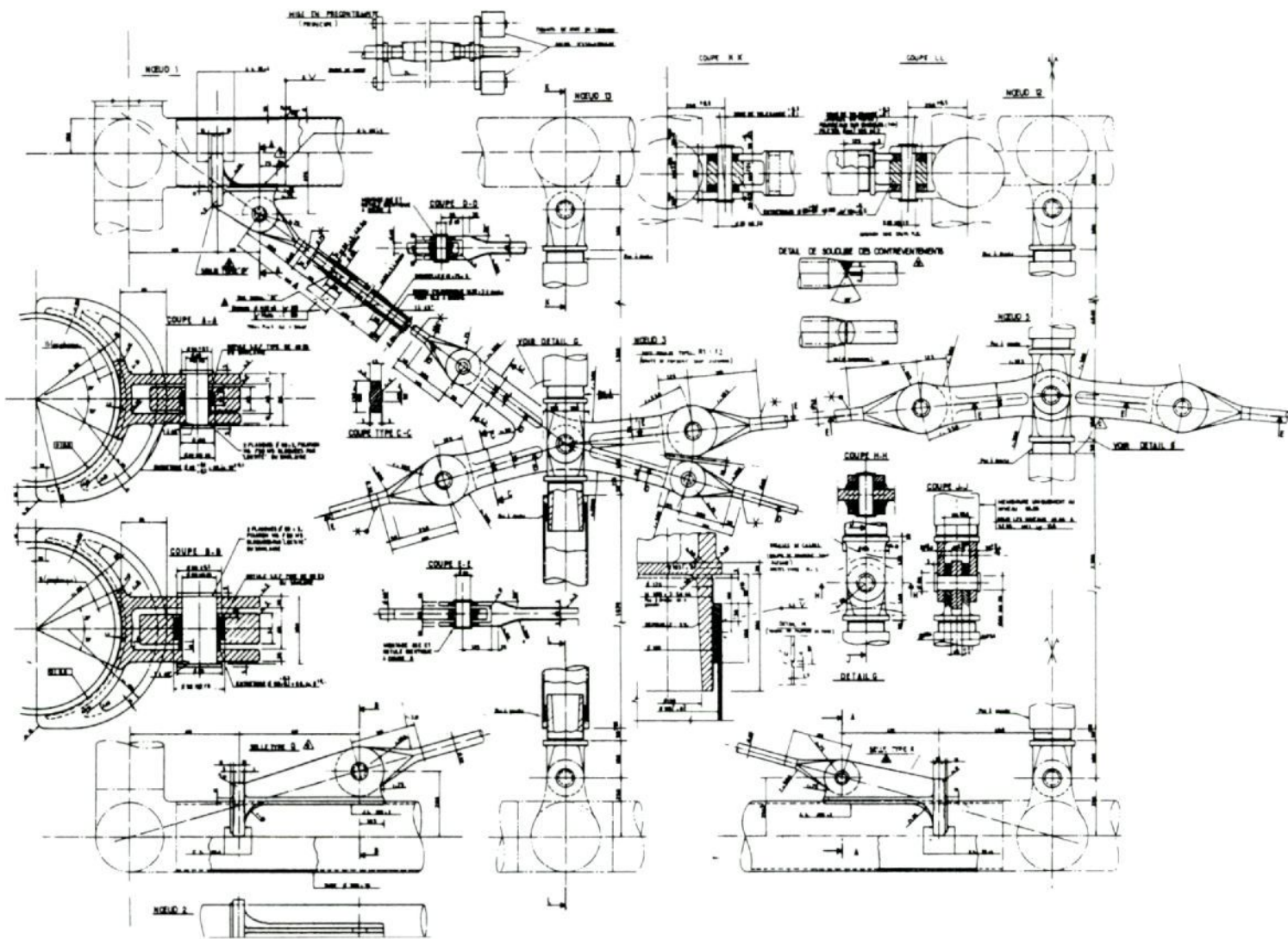
Das Innere der Brücke bei Nacht.

Bridge interior at night.

überzeugt, daß ein Betrachter des Pompidou, wenn er lange genug dasteht und schaut, genug Einblick erhält, um zu erkennen, wie es gemacht wurde und wie die Elemente zusammengefügt wurden,

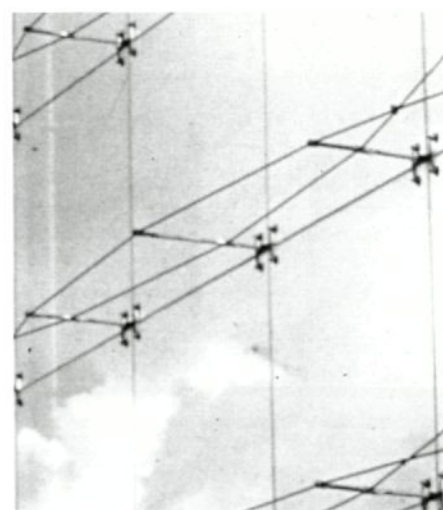
weil alle Informationen sichtbar sind – etwa wie bei einer gotischen Kathedrale. Aber ohne diese stark vereinfachte konstruktive Performance hätten wir diese Information unmöglich vermitteln können. Zum Beispiel sorgen innere Träger für die Festigkeit und Bewegungsfreiheit der Verbindungen, die dann als grundlegendes ästhetisches Element verwendet werden, um dem Gebäude einen

Maßstab zu verleihen. Als wir diesen Entwurf zum ersten Mal betrachteten, schien mir das größte Problem, wie die Konstruktion zum Ausdruck gebracht werden könnte, damit ein menschlicher Maßstab geschaffen wurde. Hier steht also ein riesiges Gebäude mitten im Zentrum von Paris; es soll als eine Art Kulturpalast dienen und darf die Menschen nicht einschüchtern. All diese konstruktiven Details, die Zerlegung konstruktiver Bestandteile, so daß jeder Teil sichtbar wird, gehören zu einer bewußten Methode, um dies zu erreichen.



Details der Fassadenkonstruktion (Structural Glazing) für das Museum für Wissenschaft und Industrie, La Villette, Paris. Architekt: Adrien Fainsilber.

Details of structural glazing for the Museum of Science and Industry, La Villette, Paris. Architect: Adrien Fainsilber.



Links: Außenansicht des Museums.

Oben: Blick nach draußen. Die Seilverspannung stabilisiert die Glasscheiben und umgekehrt.

Left: Elevation of the museum.
Above: View from inside. The cable truss stabilises the glass panels and vice versa.

Das Patscenter in Princeton bot die erste (eigentlich die zweite) Gelegenheit, einige der Elemente zu untersuchen, die wir beim Beaubourg erforscht hatten. Patscenter sollte ursprünglich aus einer Reihe von Gebäuden bestehen, mit einem zentralen Rückgrat und zwei Laboratorien an jeder Seite, die solcherart aufteilbar sein mußten, daß sie für geheime/halbgeheime Aufträge der Industrieforschung genutzt werden konnten. Von Anfang an war klar, daß Richard Rogers das architektonische Bild eines aus Scheiben bestehenden Gebäudes anstrebte. Ich hatte das Gefühl, es sei wichtig und interessant zu erkunden, wie diese Scheiben so flächig als möglich gestaltet werden könnten. Ich habe eine Vorliebe für die hier erforschte Möglichkeit, daß Gebäude sich wie das Bild von ihnen verändern können, wenn man sie aus verschiedenen Perspektiven betrachtet, und daß diese Mehrperspektivität in ein einfaches Bild an einem Ort zusammenfließt.

In diesem besonderen Falle wirkt der gesamte Bau unausgesteift, wenn man ihn von der Seite aus betrachtet; die einzige Queraussteifung bildet tatsächlich das Tragsystem für die Plattform mit den Maschinen der Klimaanlage. Wäre es nach mir gegangen, hätte es überhaupt keine Queraussteifung gegeben. Das war dann aus praktischen Gründen nicht möglich. Aber im Prinzip ist es ein gutes Beispiel für das, was ich die "geometrische Stabilität" nenne. Wir haben hier einen Rahmen, der in einer Ebene existiert und nur in dieser Ebene ausgesteift ist, an einem Punkt, der nicht mit dem Auflagerpunkt identisch ist. So wird er an der Rotation aus der Ebene gehindert, die durch die Einwirkung horizontaler Kräfte entsteht, und gleichzeitig beginnt sich das Tragsystem geometrisch auszusteifen. Das System bewegt sich und bewegt sich fort, bis schließlich die stabilisierende Kraft ausreicht, um das vertikale Gleichgewicht wiederherzustellen. Das Wichtige daran ist: es handelt sich um eine typische Konstruktion der Art, wie wir sie vor sagen wir zwanzig Jahren gar nicht hätten analysieren können, weil die Konstruktion in der Ruhelage keine Stabilität besitzt; nur in der tatsächlichen Bewegung erreicht sie Stabilität.

Wenn Menschen an Konstruktionen denken, haben sie meistens Gebäude vor Augen. Sie denken an das, was man die gleichförmigen Bedingungen einer Belastung durch das Eigengewicht nennen könnte, und um dieses Bild herum konstruieren sie ihre Vorstellung von dem, was richtig ist. Aber in Wirklichkeit sind natürlich insbesondere bei

Leichtbau-Konstruktionen Umweltbelastungen von viel größerer Bedeutung. Als wir die ersten Zeichnungen anfertigten und die tatsächlich mögliche asymmetrische Belastung analysierten, entdeckten wir, daß das geneigte Teil unten links verkürzt werden mußte, so daß es horizontal endete. Und durch die Untersuchung dieser Veränderung in der Geometrie konnten wir die ursprüngliche Absicht beibehalten. Diese Situation illustriert strukturell die Natur der Realität, mit der sich Ingenieure auseinandersetzen müssen; und sie zeigt, wie diese Realität durch die Wahrnehmung des Bildes durch die Menschen in Unordnung geraten kann. Richard Rogers konnte sich etwas anderes als das ursprüngliche Diagramm nur unter großen Schwierigkeiten vorstellen. Als wir die Lösung schließlich fanden, waren wir natürlich sehr zufrieden. Während wir versuchten, die flächige Natur des Rahmens zu erforschen, nutzten wir erneut die Detaillierung zur Betonung der Flächigkeit.

Bei einem Projekt in Frankreich, dem Fabrikzentrum St. Herblain in Nantes, habe ich versucht, diese Themen weiter zu verfolgen. Interessant an diesem Projekt war für mich unter anderem die Vorstellung, daß man von einer bestimmten Position aus plötzlich alles in einer bestimmten Richtung ausgerichtet findet - alles ist an seinem Platz, und das Gebäude wirkt, als werde es nur von einer Säule getragen. Dies ist tatsächlich ein sehr interessantes Phänomen; als ich mir das Gebäude nach der Fertigstellung anschaute, standen dort auch andere Leute und schauten und sahen die Dinge plötzlich in neuer Perspektive und erklärten sie ihren Freunden; dann ging ihnen diese Sicht plötzlich wieder verloren und sie umkreisten das Gebäude, um die Situation oder das System wiederzufinden. Soviel zur Wahrnehmung und was Menschen dazu bringt, Dinge zu bemerken.

Bei der Lintas Fußgängerbrücke in Paris wollten wir eine Verbindung zwischen zwei Teilen eines Gebäudes herstellen. Unter dem Zwischenraum der Gebäudeteile befindet sich ein altes Gewölbe ohne Ausgang, wie das in den Galeries Lafayette, dessen Oberfläche wegen mangelnder Tragfähigkeit nicht begehbar war. Deshalb mußten wir die Brücke von einer Seite zur anderen bauen, nur etwa sechs Zoll über einer scheinbar soliden Oberfläche. Wir beschlossen, einen vertikalen Rahmen zu verwenden und den Rest des Trägersystems in Glas auszuführen. Dadurch ist für viele Menschen, die das System betrachten, nicht eindeutig klar, wie es funktioniert. Die Fotografie des Brückeninneren zeigt, wie mit Hilfe des Glases die Brücke von den umgebenden

Bereichen getrennt und hervorgehoben werden kann. Auf dem Gebiet des Glases haben wir viel gearbeitet, und hier ist noch viel zu erforschen. Interessant an Glas ist das Material - es ist sehr, sehr starr, muß aber dennoch mit großer Sorgfalt behandelt werden. Mit Glas lassen sich ungewöhnliche und interessante Dinge tun.

Zum ersten Mal konnten wir in La Villette mit Glas arbeiten, beim Bau des Museums für Wissenschaft und Industrie, wo vor dem Gebäude drei Ausstellungstürme aus Glas geplant waren, die aber nicht zum Entwurf gehörten. Der Architekt bat mich um den Entwurf dieser eigenständigen Konstruktionen, die als eine Art Zwischenraum zwischen Gebäude und Park fungieren sollten. Wir entwarfen eine Konstruktion, die im Prinzip Transparenz hervorbringen sollte, und Transparenz ist ein interessantes Konzept. Wir suchten nach einer Methode, das Glas so zu gestalten und zu detaillieren, daß man sich der Glasfläche sehr bewußt wurde, daß sie aber die Sicht nur minimal einschränkte. Wenn man will, wird man sich der Transparenz der Konstruktion positiv bewußt. Sie ist ziemlich groß, 32 mal 32 Meter auf der Vorderseite, unterteilt in 8 mal 8 Meter große Flächen, von denen jede wieder aus 16 Glasflächen von zwei mal zwei Metern besteht, die horizontal durch eine Reihe von Zugseilen stabilisiert werden. Wichtig an diesen Zugseilen ist unter anderem, daß sie ihre Stabilität aus ihrer Verbindung mit dem Glas erhalten; so wird das Glas in Position gehalten und durch die Zugseile gesichert, aber die Zugseile werden wiederum durch das Glas stabilisiert. Ganz einfach nach dem Prinzip: ohne Glas brauchen die Zugseile auch nicht stabil zu sein!

Erreicht wird das durch zwei unterschiedliche Rotationszentren. Das Zugseil hat eine Rotationsachse, wo die Seile sich kreuzen. Wird das Zugseil instabil, wird es um diese Achse rotieren, aber die Verbindungsglieder zum Glas zwingen es zur Rotation um die Achse des Glases. Weil die beiden Rotationsachsen gegeneinander wirken, mit anderen Worten, weil das System gleichzeitig um beide rotieren kann, ist es stabil. Es illustriert gewissermaßen die Natur der geometrischen Stabilität. Da Glas für Stoßbelastung sehr empfindlich ist, müssen wir das Glas schützen: Eine Stoßwirkung kann sich direkt durch die Flächen fortsetzen. An anderer Stelle wird das durch Unterstützung durch das ganze System gelöst. Die vorgespannten Federn scheinen durch den Glasstreifen bis zu einem bestimmten Punkt gestützt, und dann werden sie zu Federn.

Übersetzung aus dem Englischen:
Meinhard Büning