



**DIE FÜNFTE ANSICHT**

**8 GESCHICHTEN ÜBER DÄCHER  
UND DIE ARBEIT DER INGENIEURE**

DAS RÖMISCHE PANTHEON RÄTSELHAFTER BAU DER SUPERLATIVE

DIE DRESDENER FRAUENKIRCHE WIE IMMER NEUE PLÄNE EINEN BAUMEISTER  
FORDERN

KRISTALLPALAST LONDON VON DER LÖSCHPAPIERSKIZZE ZUR GROSSEN SCHAU

JAHRHUNDERTHALLE BRESLAU VON MUT UND ANGST BEI RIESIGEN DÄCHERN  
UND NEUEN MATERIALIEN

SYDNEY OPERA HOUSE DIE GESCHICHTE VOM VERJAGTEN ARCHITEKTEN

OLYMPIASTADION MÜNCHEN VOM MODELL ZUR SENSATION

VELTINS ARENA GELSENKIRCHEN WIE MAN IN EINER BERGBAUREGION EIN  
STADION ERRICHTET

AUTOBAHNKIRCHE SIEGERLAND ENTSCHEUNIGUNG, ABER ZACKIG!

# DIE FÜNFTE ANSICHT

VON GEWÖLBEN, SCHALEN, KUPPELN, DÄCHERN UND IHREN INGENIEUREN

Das Erste, was sich der Mensch gebaut hat, war ein schützendes Dach aus Ästen und Blattwerk. Ein Schutz nicht nur vor den Unbilden des Wetters, sondern vor allem auch ein Schutz für das Herdfeuer. Das Dach bedeckt ein Gebäude. So erst entsteht Raum für vielfältige Aktivitäten. Aber das Dach ist schon lange mehr als nur ein wichtiger Bauteil. Neben Vorder- und Rückseite und den beiden Seitenansichten eines Bauwerks ist das Dach die fünfte Ansicht: repräsentativ, zeichenhaft, stadtbildprägend.

Die steilen Gewölbe der gotischen Kathedralen erschienen den Menschen als Abbild des Himmels. Weithin sichtbare Kuppeln zeugen vom Machtanspruch ihrer Bauherrn. Nicht selten übertraf deren Anspruch Wissen und Erfahrung der Baumeister und Handwerker und die technischen Möglichkeiten der Zeit. Diese Herausforderungen aber waren oftmals Meilensteine in der Entwicklung von konstruktiven und technischen Lösungen. So bedurfte es der kühnen Vorstellungskraft des siebenundzwanzigjährigen Filippo Brunelleschi, um die steil aufragende Kuppel des Florentinerdomes mittels einer genialen Mauertechnik und neuer Maschinen – ohne das bis dahin übliche Lehrgerüst – zu bewerkstelligen. Ein Jahrzehnt lang bestaunten und bewunderten die Bürger der Stadt den Bau der Kuppel hoch über ihren Köpfen.

## DIE FÜNFTE ANSICHT

Über Jahrhunderte vertrauten Baumeister und Handwerker auf Tradition und Erfahrung, denn die statische Berechnung von Bauteilen war ihnen nicht möglich. Als die mächtige Kuppel von Sankt Peter in Rom Mitte des 18. Jahrhunderts Risse zeigte, suchte Papst Benedikt XIV. Rat bei Mathematikern. Er erhielt zwei Gutachten. Sie markieren den historischen Moment, an dem mathematische Berechnung das intuitive Wissen ablöst.

Neue Materialien, insbesondere seit Ende des 18. Jahrhunderts Eisen und Eisenbeton, eröffneten neue Horizonte für Dachlösungen. Der Einsatz der neuen Materialien aber erforderte Mut von den Baumeistern und Ingenieuren. So soll der Stadtbaurat Max Berg einen Passanten mit einer Goldmünze gelockt haben. Er half ihm beim Lockern der ersten Spannschrauben der Schalung für die mächtigen Rippen der Kuppel der Jahrhunderthalle in Breslau. Die Arbeiter hatten sich geweigert, denn sie trauten dem neuen Material Eisenbeton nicht.

Nicht immer waren es Bauingenieure, die neue konstruktive Wege gingen. Der Feinmechaniker Walter Bauersfeld erfand auf der Suche nach einer sphärischen Projektionsfläche für seine Sternbilder das Netzwerk als räumliches Tragwerk. Genaue Naturbeobachtung, die lehrt, wie physikalische Gesetzmäßigkeiten eine natürliche Form bestimmen, regten den Bauingenieur Heinz Isler zu seinen eleganten Schalenkonstruktionen an. Frei Ottos Passion für das Segelfliegen

## VON GEWÖLBEN, SCHALEN, KUPPELN, DÄCHERN UND IHREN INGENIEUREN

förderte seine Erkenntnisse über Leichtbauweisen. Seine Seilnetz-Konstruktion für den Deutschen Pavillon auf der Expo '67 in Montreal wurde zu einer Inkunabel der leichten Flächentragwerke. Das Prinzip des Speichenrades inspirierte Jörg Schlaich zu seinen beweglichen Stadien-Überdachungen.

Bis zum Ende des letzten Jahrhunderts mussten nicht selten Belastungsproben am fertigen Dach die letzten Zweifel beseitigen. An aufwendigen Modellen - wie dem Kettenmodell für die Mannheimer Multihalle im Maßstab 1:98,5 - wurde das Tragverhalten geprüft. Heute übernehmen Computer solche Aufgaben und ermöglichen kühne Konstruktionen für spektakuläre Gestaltungen: so die pilzförmige Überdachung im Stadtzentrum von Sevilla oder das 85 Meter auskragende Dach des Cinema Centers im koreanischen Busan.

Die knapp 40 Projekte in der Ausstellung erzählen die Geschichte ihrer Entstehung, sie beleuchten die Besonderheiten der jeweiligen Konstruktion und der Montage vor Ort. So erzählen die Projekte auch von den Innovationen und Leistungen ihrer Ingenieure. Herausragende Bauwerke aber sind immer das kongeniale Gemeinschaftswerk aller am Bau beteiligten.

Empfehlung für die Besucher der Ausstellung: Kopf hoch, es gibt auch draußen viele spannende Dachlösungen zu entdecken!



# DAS RÖMISCHE PANTHEON

## RÄTSELHAFTER BAU DER SUPERLATIVE

In seiner äußeren Erscheinung ist das Pantheon nicht spektakulär: eine unverputzte Rotunde, aus der oben eine flache Kuppelkalotte herausragt. Imposant aber ist der Innenraum, der von einer mächtigen Kuppel überwölbt wird. Im Scheitel weist die Kuppel eine neun Meter große Öffnung auf, durch die Licht in den ansonsten dunklen Raum fällt.

43,30 Meter misst der Innenraum im Durchmesser und annähernd in der Höhe, so dass er fast die Form einer Kugel umschreibt. Bis heute bestaunen die Besucher den imposanten Innenraum des Pantheons. Für die Zeitgenossen gab es keinen vergleichbaren Bau.

Wie aber haben die Bauleute diese riesige Kuppel aus einer Art Beton, dem opus caementicium, gegossen? Diese Frage beschäftigt Archäologen und Architekturhistoriker bis heute.

Vermutlich wurde das Pantheon zwischen 114 und 125 n. Chr. errichtet. Damals war es üblich, für Gewölbe und Kuppeln ein großes Lehrgerüst aus Baumstämmen aufzubauen, darauf ruhten dann die Schalformen für die Gewölbe. Wenn der Beton ausgehärtet war, wurde das Gerüst wieder entfernt. Bei der Größe des Pantheons hätte man einen ganzen Wald abholzen und die riesigen Stämme

## DAS RÖMISCHE PANTHEON

durch die Tür ins Innere der Rotunde bringen müssen. Das raumfüllende Gerüst hätte den Boden des Pantheons mit einem enormen Gewicht belastet. Außerdem wäre im Inneren kein Platz mehr gewesen, um die Materialien zu bewegen. Das erscheint schier unmöglich.

Eine Legende berichtet, dass man die Rotunde mit Sand füllte und über dem Sandkegel die Kuppel goss. Im Sand waren Münzen vergraben, und die römischen Bürger haben in ihrer Gier nach den Münzen gleich den ganzen Sand aus dem Rohbau herausgetragen. Diese Geschichte zeugt davon, wie wenig man sich den Bauprozess des Pantheons vorstellen konnte.

Der Architekt Gerd Heene hat 2004 in seinem Buch „Baustelle Pantheon“ versucht, dem Geheimnis des Bauprozesses auf die Spur zu kommen. Er geht davon aus, dass im Inneren der Rotunde ein selbsttragendes Montagegerüst aus Nadelholz errichtet wurde, aus vier radialen Segmenten mit einer Tiefe von 5 Metern. Das Gerüst stand ca. 6 Meter von der Innenwand der Rotunde entfernt. Von ihm gingen jeweils Arbeitsbühnen ab.

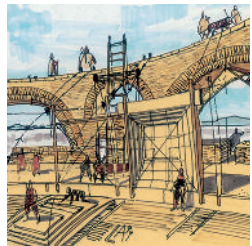
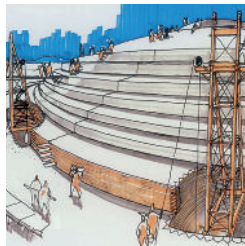
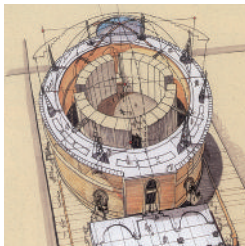
Die Schalformen für die Kassetten wurden außerhalb der Rotunde gefertigt. Mit Hilfe von Flaschenzügen wurden sie auf den Montagegerüsten aufgerichtet und dann reihenweise mit opus caementicium verfüllt. Mit dem Abbinden des Betons



## RÄTSELHAFTER BAU DER SUPERLATIVE

erhielten die Kassetten ihre Festigkeit und konnten zum Aufbau des nächsten Schalungsrings verwendet werden.

Die Überlegungen von Gerd Heene zeigen, wie eng Konstruktion und Montage dieses gewaltigen Kuppelbaus Hand in Hand gegangen sein müssen. Dazu war die Leitung eines genialen Baumeisters notwendig. Wer das Pantheon erbaut hat, ist nicht belegt, aber die Architekturohistoriker trauen eine solche Großtat nur Apollodorus von Damaskus (um 50. oder 65 n. Chr. - 130 n.Chr.) zu, der für andere Großbaustellen unter Kaiser Trajan belegt ist. Den Nachfolger Trajans, Kaiser Hadrian, der sich hin und wieder als Baumeister betätigte, kritisierte Apollodorus als Architektur-Dilettant. So fiel er in Ungnade, wurde zum Tode verurteilt und hingerichtet.



1726



# DIE DRESDENER FRAUENKIRCHE

WIE IMMER NEUE PLÄNE EINEN BAUMEISTER FORDERN

Um kaum ein anderes Bauwerk ranken sich so viele Geschichten wie um diese Dresdener Kirche – über die fast zwanzigjährige Bauzeit ab 1726, über die Zerstörung im Zweiten Weltkrieg und den gut zehnjährigen Wiederaufbau ab 1994. Heute hat Dresden ein neues, altes Wahrzeichen, dessen eindrucksvolle Kuppel das Stadtbild prägt.

Alles begann 1722, als der Rat der Stadt Dresden beschloss, die baufällige Kirche Unserer Lieben Frau durch einen prächtigen Neubau zu ersetzen. Der Baumeister der Wahl war George Bähr. Seit 1705 war Bähr Ratszimmermeister in Dresden und hatte sich besonders mit der Modernisierung des Kirchenbaus beschäftigt. Er brachte also Erfahrung mit, hatte er doch in den Jahren zuvor zahlreiche Kirchenbauten umgesetzt.

Ausgeführt werden sollte die Kuppel – so die ersten Planungen – aus Holz, eine regional typische Konstruktion. Vier Jahre lang dauerten die Planungen, bis die Zentralgestalt feststand.

Doch schon während der Ausführung des ersten Bauabschnittes reifte in George Bähr die Idee, die hölzerne Kuppel in Stein auszuführen. Sie sollte sich mit

## DIE DRESDENER FRAUENKIRCHE

anderen berühmten Kuppeln, wie etwa der des Petersdoms messen. Das erforderte ein umfangreiches Nachplanen, denn Bähr war schnell klar, dass die geplanten acht großen Pfeiler im Kircheninneren so ein Dach nicht würden tragen können. Seine Idee: Nur eine Kuppel in Glockenform, die sich nach unten ausschwingend verbreitert und ihre Last „frei schwebend“ über die Innenpfeiler hinweg auf den Unterbau hinabführt, war möglich.

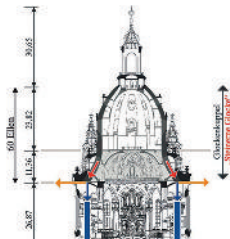
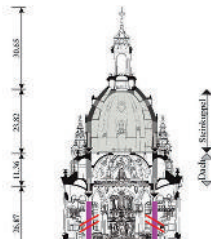
Als schließlich 1730 die steinerne Ausführung des umlaufenden Daches genehmigt wurde, waren die Vorbereitungen für eine sichere Aufnahme der Kuppellasten durch einen massiven Unterbau bereits abgeschlossen. Die Kuppel musste jedoch auf Wunsch des Rates der Stadt, die einer steinernen Lösung nicht ganz trauten, weiterhin in Holz ausgeführt werden. Das entsprach nicht ganz Bährs Vorstellungen.

Er ließ innen auf den acht Stützpfeilern einen Tambour (frz. ‚Trommel‘), ein vertikales Architekturelement als Vermittlungsglied zwischen unterem Baukörper und Kuppel errichten. Der Tambour war als Stütze für die Holzkuppel und die zuvor gebauten Schwibbögen geeignet. Im März 1733 aber zeigten sich die ersten Risse an Pfeilern und Bögen, die den Rat veranlassten, Gutachten einzuholen. Bähr plädierte dafür, den Tambour abzureißen und auch den oberen Abschluss der Kuppel in Stein auszuführen, um so eine in sich stringente Tragkonstruktion

## WIE IMMER NEUE PLÄNE EINEN BAUMEISTER FORDERN

zu erhalten. Im August 1733 erlaubten die Bauherren, die Kuppel ganz in Stein auszuführen. Der Tambour aber blieb stehen und so entstand eine unklare Verteilung der Last, die zu den legendären Rissen führte, die die Frauenkirche „ihr Leben lang“ begleiteten.

George Bähr, der als mutiger Baumeister als erster die Glockenform durchdachte und auch viel eigene finanzielle Mittel in das Projekt einbrachte, sah sich immer wieder mit den Zweifeln der Bauherrn und Geldmangel konfrontiert. Es heißt, George Bähr hätte das Hin und Her 1738 in den Freitod getrieben. Sicherere Quellen aber belegen, dass er einer Krankheit erlag. Erst Jahre nach seinem Tod wurde die Kirche fertig gestellt.



1850



# KRISTALLPALAST LONDON

## VON DER LÖSCHPAPIERSKIZZE ZUR GROSSEN SCHAU

Nachdem in Frankreich, Belgien und Deutschland bereits nationale Gewerbe-Ausstellungen stattgefunden hatten, plante man auch in London für das Jahr 1851 eine erste nationale Präsentation von Maschinen und Industrieprodukten. Henry Cole, ein einflussreicher britischer Staatsbürger, der dem radikal-liberalen politischen Lager angehörte, favorisierte jedoch in England, dem Mutterland der Industriellen Revolution, die erste internationale Weltausstellung. Schließlich konnte er den Gemahl von Königin Viktoria, Prinz Albert, für sein Projekt gewinnen. Man kam überein, dass für die Ausstellung im südlichen Hyde Park ein eigenes Gebäude errichtet werden sollte. Die Ausstellung sollte vier Sektionen – Rohstoffe, Maschinen, Fabrikate und bildende Kunst – umfassen. Die Organisation lag in der Hand der Royal Commission. Die Finanzierung aber blieb Privatsache.

Wie aber ein Gebäude für eine solch riesige Schau aussehen sollte, dafür gab es keine Vorbilder. Im März 1850 hatte das Baukomitee, das der Royal Commission unterstand, Architekten aus dem In- und Ausland eingeladen, Entwürfe einzureichen: 245 Zeichnungen, davon 38 aus dem Ausland, wurden eingesandt. Die Kommission aber konnte sich für keinen Entwurf entscheiden und legte stattdessen einen eigenen vor. Der Vorschlag eines riesigen Backsteinbaus aber war

## KRISTALLPALAST LONDON

geradezu „monströs“ und nicht realisierbar angesichts der Kürze der Zeit.

Diese völlig aussichtslose Situation rettete am Ende der Gärtner Joseph Paxton mit einer Idee, die Architekturgeschichte schreiben sollte. Paxton war leitender Gartenarchitekt auf dem Landsitz des Duke of Devonshire, wo er 1840 den bis dahin größten Glasbau der Welt errichtet hatte. Ferner saß er im Direktorium der Midland Railway. Durch diese Beziehung muss er von den Planungen des Ausstellungsgebäudes gewusst haben. Auf einer Vorstandssitzung der Eisenbahngesellschaft am 11. Juni 1850 kritzelte er auf ein Stück Löschpapier den späteren Entwurf des Kristallpalastes: ein Bauwerk aus Eisen und Glas mit der Konstruktion eines Gewächshauses. Seine Eisenbahnbeziehungen eröffneten ihm schließlich die Möglichkeit, seine Pläne Prinz Albert vorzulegen.

Unmittelbar nach diesem Gespräch - über das nichts bekannt ist - beauftragte Paxton die Baufirma Fox & Henderson mit der Ausarbeitung der exakten Berechnungen. Gleichzeitig trat er in Verhandlung mit der damals größten Glasfabrik der Welt, Chance Brothers & Co. bei Birmingham, die 1.200 Glasbläser beschäftigte. Von der maximalen Größe der Glasscheiben hing entscheidend die modulare Bauweise des gesamten Baus ab.

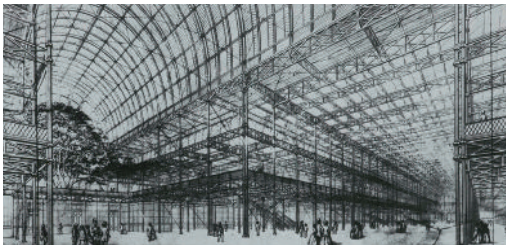
Während das Baukomitee noch über Paxtons Plan grübelte, veröffentlichte er diesen am 6. Juli 1850 in der Samstagausgabe der London News. Die Öffent-



## VON DER LÖSCHPAPIERSKIZZE ZUR GROSSEN SCHAU

lichkeit war begeistert, denn dieser Entwurf fügte sich in den Hyde Park ein. Und indem Paxton das Querschiff mit einer 33 Meter hohen gläsernen Tonne überwölbte, ergab sich die Möglichkeit, die Bäume im Hyde Park zu erhalten, die sonst hätten gefällt werden müssen.

Die modulare Bauweise aus vorgefertigten Elementen war ferner die einzige Möglichkeit, den Bau überhaupt noch fristgerecht fertig zu stellen. Paxton setzte alles auf eine Karte: Noch bevor sein Vertrag unterzeichnet war, ließ er die Firma Fox & Henderson bereits mit den Bauarbeiten beginnen. Zeitweilig sollen über 2.000 Arbeiter auf der Baustelle gearbeitet haben. Die 270.000 Glasscheiben sind im Akkord eingesetzt worden. Zeit wurde zur vierten Dimension der Architektur.



1911



# JAHRHUNDERTHALLE BRESLAU

VON MUT UND ANGST BEI RIESIGEN DÄCHERN UND NEUEN MATERIALIEN

65 Meter Spannweite! Größer und weiter noch als die des weltberühmten Pantheons in Rom! Eine gigantische Kuppel - eine ausdrucksstarke 5. Ansicht, gebaut von 1911 bis 1913 im damaligen Breslau.

Nicht alle waren begeistert von den Entwürfen zu dieser Ausstellungshalle in Sichtweite der historischen Altstadt - sah sie doch so ganz anders aus als alle Hallen, die man bisher kannte. „Hutschachtel!“, „Torte!“, „Gaswerk!“ All diese Beschimpfungen mussten Bauwerk und Baumeister Max Berg, über sich ergehen lassen. Die Halle, ein pragmatischer Bau, schmucklos, ohne aufgesetzte Dekoration, aber modern, der damaligen Zeit voraus, funktional und von einer subtilen Ästhetik der sichtbaren konstruktiven Elemente, war für das damalige Empfinden vielleicht zu „gewagt“.

Die meiste Kritik musste sich Berg allerdings zur Größe der Kuppel anhören. Es regten sich extreme Zweifel an deren Realisierbarkeit, zumal Max Berg ein völlig neues Material, den Eisenbeton einsetzen wollte - Beton, in den eine Unmenge von Eisenstäben eingelagert wurde, um ihn belastbarer zu machen. Der Stadtbaurat Max Berg blieb hartnäckig und überzeugte schließlich die städtischen Vertreter. 1911 begann man mit der Betonierung der Fundamente.

## JAHRHUNDERTHALLE BRESLAU

Nachdem der Unterbau als konstruktiv eigenständiger Bauteil fertig war, wurden Gerüste errichtet, die die Holzschalung für die Kuppelform trugen. „Ein Meisterwerk der Zimmerkunst“, staunte die Presse. Denn es gab kaum eine gerade Fläche oder Linie, alles war bestimmt durch die Krümmung der Kuppel. Auf die Schalung wurde dann ein speziell gefertigter Zement aufgebracht, bewehrt mit gewalztem Stahl von hoher Qualität. Regelmäßig wurde die Festigkeit überprüft, denn die Tragfähigkeit sollte sechsmal höher sein als gefordert – auch daran lässt sich die Skepsis der Verantwortlichen erkennen.

32 gekrümmte Rippen tragen die Dachschaale, sie sind durch drei stabilisierende, umlaufende Ringe miteinander verklammert. Am unteren Rand liegen sie auf einem weiteren Ring auf. Dieser wird von mächtigen, trapezförmigen Pfeilern getragen. Was die Kuppel von außen her stabilisiert, sind vier halbkreisförmige Anbauten, die Apsiden. Zwischen ihnen spannen sich die Arkadenbögen, die sich zu den Apsiden hin öffnen. In jeder Apside stemmen sich im Inneren sechs Pfeiler mit Querrippen gegen den Arkadenbogen.

Probleme gab es allerdings noch einmal kurz vor Vollendung des Baus: Die Arbeiter hatten sich voller Misstrauen gegenüber Konstruktion und Material geweigert, die ersten Spannschrauben der Schalung für die mächtigen Rippen zu lösen. Max Berg lockte schließlich einen Passanten mit einer Goldmünze ins

## VON MUT UND ANGST BEI RIESIGEN DÄCHERN UND NEUEN MATERIALIEN

Gebäude, der ihm beim Lockern der Schrauben half. Und es hielt.

„Zugleich dachte ich, diesem Bau eine dem modernen Stoff des Eisenbetons entsprechende Raumform, eine vom gotischen Geist durchdrungene Gestalt zu geben“, so Max Berg 1913. Es ist ihm gelungen.



1959



# SYDNEY OPERA HOUSE

## DIE GESCHICHTE VOM VERJAGTEN ARCHITEKTEN

Welches Bild hat man sofort vor Augen, wenn man an die australische Hafenstadt Sydney denkt? Klar: die knallweißen, haubenartigen, ineinander verschachtelten Dächer des Opernhauses. Wie geblähte Segel ragen die Dächer 67 Meter hoch in den Himmel - passend zum Standort: Das Opernhaus liegt umtost von Wind und Wetter auf einer kleinen Landzunge direkt am Hafen.

Dass es vierzehn Jahre dauern sollte, bis dieses spektakuläre Bauwerk 1973 eröffnet werden konnte, das hat sich anfangs niemand träumen lassen ...

Doch der Reihe nach:

1918 wurde in Kopenhagen Jorn Utzon, der Sohn eines Yachtbauers geboren. Es heißt, er sei kein guter Schüler gewesen, später wurde er wegen schlechter Noten sogar an der Offiziersschule abgelehnt. 1937 begann er sein Architekturstudium, er arbeitete bei Architektur-Berühmtheiten wie Alvar Aalto und Frank Lloyd Wright. 1950 gründete er sein eigenes Büro und beschäftigte sich fast nur mit Wohnungsbau.

Das sollte sich 1957 schlagartig ändern:

Als No-Name beteiligte er sich an einem internationalen Wettbewerb für das Opernhaus Sydney. 233 Vorschläge aus 28 Nationen wurden eingereicht. Aber

## SYDNEY OPERA HOUSE

sein Entwurf faszinierte die Jury am meisten:

Sein Opernhaus war eine ausdrucksstarke, riesige Skulptur und brach mit dem allgemeinen Rationalismus des internationalen Architekturstils. Das war etwas völlig Neues, Bahnbrechendes, Visionäres in der damaligen Zeit! Und dabei erfüllte sein Entwurf noch nicht einmal die strengen Wettbewerbsbedingungen - er hat offensichtlich nur eine recht grobe Skizze eingereicht. Die Entwürfszeichnung war mehr eine grobe Orientierung als ein umsetzbares Konzept.

1959 war Baubeginn. Die statischen Berechnungen erstellte der junge Ingenieur Ove Arup mit seinem Büro. Die Folgejahre waren Jahre der Neuberechnung. Denn die anspruchsvolle Statik der gekrümmten Schalen des Daches - so wie sie der Erstentwurf vorsah - bereiteten große Probleme. Der Ingenieur konnte diese Formen nicht berechnen! Die komplexe Geometrie des Daches wurde in sechs Jahren über zwölf Mal neu berechnet, mit Lochkarten gesteuerte Computer brauchten 18 Monate, um die Krümmungen und die Statik aller Dächer zu berechnen, 44 Zeichner waren mit rund 1700 Planzeichnungen beschäftigt! Die ursprüngliche, flachere Figur der Oper wandelte sich in steilere, aufrechtere Dachhauben.

Was für ein Kostenfaktor! Eine regelrechte Kostenexplosion! Es waren zunächst 3,5 Millionen Dollar veranschlagt, als man bei 57 Millionen Dollar angelangt waren,

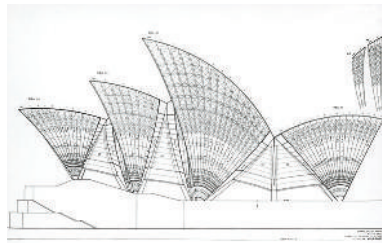


## DIE GESCHICHTE VOM VERJAGTEN ARCHITEKTEN

wurde die Reißleine gezogen. Utzon wurde aufgefordert, seine Pläne zu ver-schlanken. Aber er weigerte sich insbesondere, bei der Ausstattung Kompro-misse zu machen. Das hatte ernste Konsequenzen: Utzon wurde 1966 durch die neue Regierung des Bundesstaates von New South Wales von dem Projekt ausgeschlossen. Er hat danach nie wieder australischen Boden betreten.

Australische Architekten und der Ingenieur Ove Arup brachten das Werk zu Ende: Die Dächer der Oper bestehen aus symmetrischen Beton-Schalenpaaren, die jeweiligen Hälften sind fächerartig gestaltet und liegen an nur einem Punkt auf. Sie haben alle die gleiche Krümmung, als wären sie alle aus derselben Kugel herausgeschnitten worden. Die hintereinander liegenden Schalen stützen sich gegenseitig.

2007 wurde das Opernhaus übrigens zum UNESCO Welterbe ernannt.



1967



# OLYMPIASTADION MÜNCHEN

## VOM MODELL ZUR SENSATION

Wie flexibel, zeltartig und fast schon weich wirkt doch das gläserne Dach des Münchener Olympiastadions! Und dabei besteht jedes einzelne Segment aus einer starren Acrylglasplatte. Diese Konstruktion, die es vorher so noch nie gegeben hatte, wurde in einem mühsamen Prozess aus vielen, vielen Arbeitsschritten entwickelt.

Das Architekturbüro Günter Behnisch wollte sich damals gern an dem 1967 veranstalteten Wettbewerb für das Olympiagelände beteiligen. In gar keinem Fall sollten die Pläne zurückgreifen auf alte Konstruktionsprinzipien. Schließlich sollten die Olympischen Spiele 1972 der Welt ein verändertes Deutschland zeigen: fröhlich, offen und demokratisch.

So begab man sich auf die Suche, reiste herum und stieß irgendwann auf den Kollegen Frei Otto und seinen deutschen Pavillon auf der Weltausstellung in Montreal - ein Bauwerk aus einem Stahlseilnetz überspannt mit einem transluzenten Polyestergerewebe. Man war begeistert! Und so wurde der Entwurf selbstbewusst der Jury präsentiert - mit einem Modell aus Damenstrümpfen, darunter gesteckten Holzstäbchen und mit Reißzwecken als Befestigung!

Behnisch Architekten setzten sich gegen 102 Büros durch und gewannen den

## OLYMPIASTADION MÜNCHEN

Wettbewerb. Allerdings unter der Auflage zu überprüfen, ob das denn überhaupt baubar sei. „Ich schwöre bei meiner Seele, diese Architektur ist realisierbar.“ So zitierte der Spiegel 1969 den Architekten Egon Eiermann. Dieser war 1967 Vorsitzender des Preisgerichts für die Olympiabauwerke. Die Realisierung wäre allerdings ohne die geniale Leistung der Ingenieure nicht möglich gewesen.

„Für Formfindung und Berechnung gab es nur den Weg über die Arbeit am Modell“, erinnert sich der beteiligte Ingenieur Ewald Bubner. Modelle als verkleinerte Wirklichkeiten und die Tests mit ihnen dienten als Grundlage für die späteren Berechnungen. Die Seilnetzkonstruktion des Olympiadachs wurde also durch Drähte simuliert, je 3 Seile wurden durch einen Draht ersetzt, jeder einzelne hatte die Fähigkeit, so zu reagieren wie drei Seile zusammen. Dieses Modell wurde nun belastet und die Verformungen wurden registriert. „So manches Mal flogen uns die Drähte um die Ohren, wenn sie der Belastung nicht begegnen konnten,“ so Ewald Bubner. Es wurde so lange experimentiert, bis die endgültige, stabile Form gefunden war. Daraus schließlich entwickelten die Ingenieure ihre Daten und konnten die Berechnungen erstellen.

Tragendes Element in München wurde also eine Seilnetzkonstruktion, ausgesteift mit Acrylglasplatten. 34.500 m<sup>2</sup> war die zu überdachende Fläche groß. Die Lichtverhältnisse unter dem transparenten Dach waren für die Fernhaufnahmen

optimal. Das erste permanente Seilnetz ist an acht großen Masten aufgehängt. Die Tiefpunkte des Seilnetzes sind außen mit herkömmlichen Bodenankern gesichert, das war Richtung Stadionmitte nicht möglich. Stattdessen wurde ein 400 Meter langes Randseil gespannt, das auf der gegenüberliegenden Seite der überdachten Tribüne mit 4.000 Tonnen schweren Betonquadern im Boden verankert ist, so groß wie ein Einfamilienhaus! Im Laufe der Jahre hat sich gezeigt, dass sich das Seil bei stärkeren Windlasten nicht mehr als 1 Meter vertikal bewegt, was bei der Größe des Bauwerks ein unerheblicher Wert ist!



1998



# VELTINS ARENA GELSENKIRCHEN

WIE MAN IN EINER BERGBAUREGION EIN STADION ERRICHTET

Die ganze Welt kennt Schalke - Schalke 04, eine der charismatischsten Fußballmannschaften national wie international. Die Begeisterung für den Fußball ist an jeder Ecke Gelsenkirchens abzulesen. Wenn sogar die Krokusse auf dem Mittelstreifen der Straße zum Stadion blau und weiß blühen - spätestens dann weiß man eigentlich Bescheid.

„Auf Schalke“ hieß dann auch bis 2005 das neue Stadion, das von 1998 bis 2001 im Norden Gelsenkirchens gebaut wurde. Vor gut 15 Jahren waren es drei Neuerungen, die dieses Stadion für fast 62 000 Fußballbegeisterte bekannt machten: ein fahrbarer Unterrang, der verschwinden kann, ein an die frische Luft verschiebbares Rasenfeld, das zum Spiel wie eine Schublade nach innen gefahren werden kann und: ein verschließbares Dach! Doch bis dahin musste einiges an Planungen laufen, denn schließlich baute man auf nicht unproblematischem Untergrund in einer alten Bergbauregion.

Bis zum Mai 2000 wurde unter dem ausgewählten Bauplatz in ca. 800 Meter Tiefe noch aus zwei Flözen der benachbarten Zechen Kohle abgebaut. Nach Beendigung des Bergbaus war also für die Folgejahre mit Senkungen der Geländeoberfläche zu rechnen. Wichtigste Maßnahme war, die Arena-Längsachse parallel

## VELTINS ARENA GELSENKIRCHEN

zum Verlauf der alten Flöze zu legen, abweichend von der sonst gängigen Nord-Süd-Ausrichtung. Der Komplex wurde zudem in 15 Bauabschnitte mit Dehnungsfugen von 150 mm Breite unterteilt, und die Tribüne wurde auf 616 Großbohrpfählen gegründet.

Etwas ganz Praktisches hatte der Bergbau dennoch: Die Aufschüttungen, auf der die Nord-, Ost- und Westtribüne errichtet wurden, sind ca. 12 Meter hoch und bestehen aus rund 600 000 Kubikmetern Bergematerial, den Steinen, die nach Auswaschen der geförderten Kohle übrig bleiben.

Gekrönt wird das neue Stadion von dem Dach – einem Trägerrost aus Stahlfachwerkbändern, sieben in Längs-, fünf in Querrichtung und je vier radialen in den Ecken. Das Trägerrost besteht aus Rohren, die durch Gussknoten miteinander verbunden sind. Die Horizontalaussteifung ist über Nebenträger und kreuzweise vorgespannte Spiralseile gewährleistet.

Über allem ist die Dachmembran gespannt. Die erste Membran, die aufgebracht wurde, bestand aus einem transluzenten Glasfasergewebe mit Teflonbeschichtung. Die einzelnen Materialbahnen wurden nach dem Verlegen verschweißt. Dieses Material ist selbstreinigend und begehbar. Im Winter 2010 wurde die Membran durch Schnee und Eis beschädigt. Die Sanierung der Dachfläche



## WIE MAN IN EINER BERGBAUREGION EIN STADION ERRICHTET

dauerte bis 2013. Die Dachhaut besteht jetzt aus einem Polyestergewebe. Das Dachmittelfeld besteht aus zwei Hälften von 108 x 70 Metern. Diese sind verfahrbar und ermöglichen ein Schließen oder Öffnen des Daches in 30 Minuten. Mittels Elektromotoren und über Schienen wird die etwa 560 Tonnen schwere Konstruktion bewegt.

Gelsenkirchen hat damit eine wetterfeste Multifunktionshalle bekommen, in der in jeder Jahreszeit Fußball gespielt oder Konzerte gehört werden können.



2013



# AUTOBAHNKIRCHE SIEGERLAND

ENTSCHLEUNIGUNG, ABER ZACKIG!

Wer auf der Autobahn unterwegs ist, will schnell vorankommen. Dafür nimmt man einiges in Kauf: die ermüdende Gleichförmigkeit der Straße, das eintönige Rauschen des Verkehrs und wenig inspirierende Blicke auf Tunnel- oder Lärmschutzwände. Selbst die Pausen gehorchen oft dem Gesetz der Schnelligkeit - bei einem hastig eingenommenen Essen oder dem unvermeidlichen Toilettenbesuch.

Nichts scheint diesem Verhalten mehr entgegenzustehen als Muße, Ruhe, Einkehr. Und doch gibt es auch Orte an den Fernstraßen, die genau das anbieten - die Autobahnkirchen. So anspruchsvoll und scheinbar widersprüchlich wie diese Aufgabe präsentiert sich auch die Gestalt der Autobahnkirche Siegerland.

„Das sieht aus wie Riesen-Origami!“ Oder: Das erinnert mich an Batman!“ Es gab viele Reaktionen auf die ungewöhnliche Gestalt der zweizackigen Kirche. Die Grundform der Autobahnkirche Siegerland wurde aus einem Piktogramm entwickelt, dem Kirchenlogo des bekannten Verkehrsschildes. Die Architekten von schneider+schumacher in Frankfurt haben daraus ein Gebäude gemacht, das von außen schlicht, streng und zackig daherkommt.

Während die äußere Form schnell feststand, gab es für die innere Gestalt zunächst nur eine vage Idee. Die Architekten und die Ingenieure von Bollinger und

## AUTOBAHNKIRCHE SIEGERLAND

Grohmann setzten sich daraufhin an einen Tisch und entwickelten gemeinsam eine innere Kuppelform - ein völlig eigenständiges Gebäude, über das die weiße Zackenkonstruktion wie drübergestülpt scheint. Schreitet man also über die geradlinige, weiße Rampe ins Innere, ist man in einer anderen Welt: Innen umfängt die Besucher ein Raum mit runden Formen, eingehüllt in warmes Licht.

Die Kuppel besteht aus vertikal und horizontal zueinander verlaufenden Holzbögen, die aus mehr als 600 kunstvoll miteinander verbundenen Teilen besteht. Ein wahres Puzzle für die Erbauer: Zunächst wurden am Computer die benötigten Einzelstücke berechnet, dann die optimale Kombination dieser Einzelstücke zu Schnittmustern, damit beim Sägen aus den viereckigen, aus zusammengepressten Holzspänen bestehenden OSB-Platten möglichst wenig Verschnitt entstand, und schließlich mussten die Bögen des Innenraums von unten nach oben aus den angelieferten Einzelteilen errichtet werden. Schlitzte in den Segmenten ermöglichen das Zusammenstecken. Diese Konstruktion trägt sich selbst, nicht eine einzige Schraube wurde nötig.

Keine Kirche, sondern ein Verein interessierter Bürger hat das Projekt initiiert und umgesetzt. Im Mai 2013 konnte das Gebäude eingeweiht werden - als eindrucksvolle Skulptur in unmittelbarer Nachbarschaft zu höchst gewöhnlicher Autohof-Architektur.

## ENTSCHLEUNIGUNG, ABER ZACKIG!

Wer eine Raststätte oder einen Autohof ansteuert, möchte meist schnell seine Fahrt wieder fortsetzen. Der Besuch der Autobahnkirche Siegerland, die bewusst überkonfessionell gehalten ist, kann einen schon mal davon abbringen. Davon zeugen zumindest manche Einträge im Gästebuch.



## BILDNACHWEISE

**Pantheon:** Gemälde von Giovanni Paolo Pannini: © National Gallery of Art, Washington; Skizzen: © Gerd Heene, Baustelle Pantheon, Düsseldorf 2008; **Frauenkirche:** Kuppel innen + außen: © Jörg Hempel; Schnitte: © Günther Zumpe, Die Bedeutung Georg Bährs und seiner Frauenkirche für die Ingenieurbaukunst, in: Dresdner Jahrbuch 2012/13 ; **Kristallpalast:** Innen- und Außenansicht: © Georg Kohlmaier, Barna von Sartory, Das Glashaus, München 1981; Löschpapierskizze: © Winfried Kretschmer, Geschichte der Weltausstellungen, Frankfurt/ New York 1999; **Jahrhunderthalle:** Außen- und Innenansicht: © Stanislaw Klimek, Wroclaw; Baustelle: © IRS, Erkner; **Oper Sydney:** alle Motive: © Arup; **Olympiastadion:** © 1 + 3 Thomas Robbin, Untersicht: © saai, Archiv Behnisch; **Veltins Arena:** alle Motive © FC Schalke 04; **Autobahnkirche:** außen: © Helen Schiffer, Skizzen: © schneider+schumacher; innen: © Jörg Hempel

## IMPRESSUM

**Herausgeber:** M:AI Museum für Architektur und Ingenieurkunst NRW, Gelsenkirchen  
Gefördert durch das Ministerium für Bauen und Wohnen, Stadtentwicklung und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen

**Idee und Redaktion:** Anette Kolkau, M:AI

**Texte:** Anette Kolkau, Ursula Kleefisch-Jobst; M:AI

**Grafik:** kikkerbillen, Köln

Das Heft entstand zur Ausstellung „Die fünfte Ansicht. Von Gewölben, Schalen, Kuppeln, Dächern und ihren Ingenieuren.“ Das M:AI zeigt die Ausstellung im Rahmen des 20jährigen Jubiläums der Ingenieurkammer-Bau Nordrhein-Westfalen, die das Jubiläum zum Anlass nimmt, den Menschen die Arbeit der Ingenieure nahe zu bringen.

# M:AI

IMMER VOR ORT, NIE AM SELBEN

Das Museum für Architektur und Ingenieurkunst des Landes Nordrhein-Westfalen hat kein festes Haus, sondern ist immer unterwegs. Das M:AI konzipiert Ausstellungen zu Themen der Architektur und Stadtentwicklung und präsentiert diese an ungewöhnlichen Orten. So kann das Ausstellungsgebäude gleichzeitig auch das größte Exponat sein oder der Ort der Präsentation das Thema einer Ausstellung ganz besonders anschaulich werden lassen.

Dieses Konzept eines mobilen Museums ist in Deutschland einzigartig. Das M:AI ist Teil der Landesinitiative StadtBauKultur NRW.

**MUSEUM FÜR ARCHITEKTUR UND INGENIEURKUNST NRW E.V.**

Leithestr. 33  
45886 Gelsenkirchen

Fon +49 (0)209 92578-22

Fax +49 (0)209 92578-25

[info@mai.nrw.de](mailto:info@mai.nrw.de)

[www.mai.nrw.de](http://www.mai.nrw.de)

[www.facebook.com/mai.nrw](https://www.facebook.com/mai.nrw)

[www.mainrw.wordpress.com](http://www.mainrw.wordpress.com)



M:AI

Ministerium für Bauen, Wohnen,  
Stadtentwicklung und Verkehr  
des Landes Nordrhein-Westfalen



 **Ingenieurkammer-Bau**  
Nordrhein-Westfalen

Landesinitiative StadtBauKulturNW 2020



 **Stadt**  
**Gelsenkirchen**

**Beton**  
Marketing  
West