

Frauenkirche zu Dresden:

# Wunder aus Stein

Der »archäologische Wiederaufbau« ist gelungen.

**Naturstein** hält anlässlich der Weihe der Frauenkirche am 30. Oktober Rückschau auf diese weltweit beachtete Bauleistung. Christoph Frenzel, Leitender Architekt für den Natursteinbereich, stand Rede und Antwort.



**E**in Schuttberg, alte Fotos, wenige historische Pläne – viel war es nicht, was 1991 für die Rekonstruktion der »Seele von Dresden« an Grundlagen zur Verfügung stand. Dabei sollte es keine Replik werden, sondern ein archäologischer Wiederaufbau, auch in Geometrie, Statik und steintechnischer Bearbeitung. Das ist gelungen, freut sich Architekt Christoph Frenzel von der IPRO DRESDEN Planungsgesellschaft, der für die Rekonstruktion der steinernen Bauteile verantwortlich war.

## Die Planer

Ein Jahr, nachdem der »Ruf aus Dresden« 1990 eine internationale Bewegung für den Wiederaufbau der Frauenkirche initiiert hatte, wusste man in der neu gegründeten Stiftung Frauenkirche auch schon, wem

man die gesamte Entwurfs-, Genehmigungs- und Ausführungsplanung einschließlich Bauleitung und Projektkoordinierung für Architektur und Gebäudetechnik übertragen würde: heimischen Architekten und Ingenieuren der Planungsgesellschaft IPRO DRESDEN, die sich in einem Auswahlverfahren durchgesetzt hatten. Lediglich für die Tragwerksplanung knüpften diese eine Partnerschaft mit der sächsisch-badischen Ingenieurs- und Professorenengemeinschaft Wolfram Jäger (Radebeul) und Fritz Wenzel (Karlsruhe).

## Das Unmögliche möglich machen

Der Planungsauftrag für die IPRO-Experten war dabei von Anfang an herausfordernd kompromisslos: Es sollte ein archäologischer Wiederaufbau werden; das bedingte eine mög-



3-D-Planung der Hauptkuppel: Kuppelanlauf, Treppenturmspitzen, Laterne

lichst authentische historische Bauweise. »Wir sollten das Unmögliche möglich machen, nämlich das berühmteste protestantische Gotteshaus Europas wieder auferstehen lassen, und das, obwohl die Grundlagen für die Rekonstruktion mehr als dürftig waren«, so Christoph Frenzel.

Außer einigen erhalten gebliebenen Entwurfszeichnungen des Erbauers George Bähr habe es nur wenige Bestandspläne gegeben. »Hinzu kamen noch historische Fotografien – und natürlich der Trümmerberg mit den Ruinenteilern.«



Christoph Frenzel

Beginn der  
Werksteinarbeiten 1996



### Dreidimensionale Planung

Über eines war sich Frenzel von Anfang im Klaren: Wegen der Form und Geometrie des Bauwerks, die durch Bährs Entwurf und die geborgenen Fundstücke vorgegeben waren, würde die traditionelle 2-D-Planung am Reißbrett mit den üblichen CAD-Programmen nicht ausreichen. Mehrfach gekrümmte Flächen im Kircheninneren und -äußeren (z. B. Gewölbe, Kuppelanlauf, Form der Hauptkuppel) sowie sich durchdringende Räume und Bauteile würden zweidimensional nicht eindeutig und fehlerfrei darstell- und beschreibbar sein. Sie erforderten eine räumliche Planung.

So stieg das Team, das zeitweilig 50 Architekten, Ingenieure und Konstrukteure umfasste, 1994 auf eine dreidimensionale Planung um. Das

war seinerzeit bundesweit Neuland, zumindest in dieser Dimension. Die 3-D-Software »CATIA-Solution« ermöglichte die Konstruktion freier und mehrfach gekrümmter Flächen direkt am räumlichen Computermodell und dies immer im Maßstab 1 : 1. »Mit dieser Software werden Solid-Volumenkörper erstellt, deren Verknüpfung ein Teil- oder Gesamtmodell ergibt. Dieses lässt sich in jeder gewünschten Ebene schneiden, woraus dann wiederum 2-D-Pläne generiert werden können«, so Frenzel. »Fortan konnten wir Einzelmaße, Koordinaten, Kubaturen, Flächen oder Massen einzelner Bauteile oder ganzer Bauteilgruppen direkt abfragen« berichtet er. Die Ingenieure hätten quasi einzel-

ne Bauteile virtuell begangen, um die Passgenauigkeit und Geometrie zu überprüfen und mit historischen Fotografien zu vergleichen.

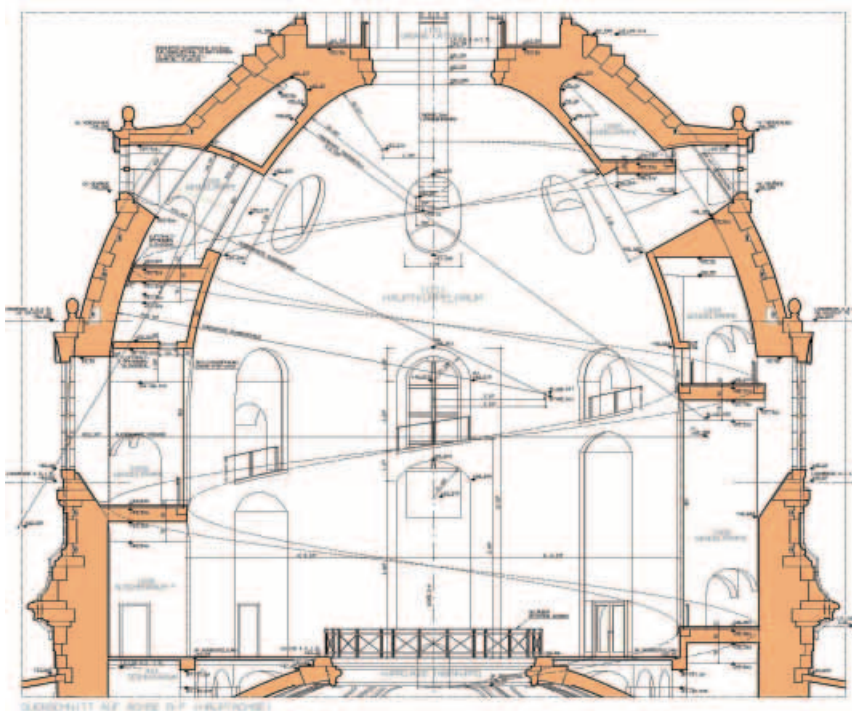
### Moderne Technik ermöglicht historische Präzision

Das Studium alter Fotos und das Aufmaß des Bestands ließen die Frauenkirche im Computer räumlich wieder entstehen. Schon bei der Rekonstruktion von Unterkirche und Kirchenschiff zeigten sich die Vorteile der 3-D-Planung. »Mit Hilfe des räumlichen Aufmaßdrahtmodells konnten wir durch das historische Maßsystem und alte Bautechniken bedingte Abweichungen im symmetrischen Grundriss auswerten und in das 3-D-Modell einarbeiten, ebenso die durch die Zerstörung entstandenen Verformungen des Bestands«, berichtet Frenzel. So habe man etwa Abbruchkanten und erhaltene Gewölbe- und Bauteilreste exakt erfassen können. Diese Konstruktionen dienen zur Erstellung von Gesamt- und Detailplänen. Sie ermöglichten überdies Koordinatenvorgaben für den Bau, z. B. der Gewölbe und anderer geometrisch komplizierter Bauteile, bis hin zur Ausgabe von Schablonen im Maßstab 1 : 1.

### Der Kuppelanlauf

Einige Bereiche erwiesen sich als völlig unzureichend dokumentiert, insbesondere der sandsteinerne Kuppel-

Vertikalschnitt durch  
die Hauptkuppel





Die »neue« Frauenkirche



Altsteinlager an der Frauenkirche

anlauf, den Frenzel als den geometrisch schwierigsten Bereich des Kirchenbaus bewertet. »Eine Rekonstruktion war nur am räumlichen Modell möglich«, informiert der Architekt. Zwar habe die fotogrammetrische Auswertung historischer Fotos das Planungsteam dazu befähigt, die äußere Form der Krümmung des Kuppelanlaufs und der Hauptkuppel im Bereich einer Lisene geometrisch zu definieren. »Das reichte auch für die Hauptkuppel mit ihrer rotations-symmetrischen Form aus, jedoch für den konkav und konvex gekrümmten Bereich des Kuppelanlaufs war es nur ein Ausgangspunkt«, erläutert Frenzel. »Aber in Verbindung mit den Fotografien konnten wir die Fläche am räumlichen Modell in vielen Einzelschritten rekonstruieren.«

Das 3-D-Computermodell lieferte die Daten für die Herstellung der 520 Kuppelanlaufplatten und die dazugehörige Ankerkonstruktion, nämlich Sandsteindübel. Das Versetzen der Platten erfolgte mit Hilfe der im Computer abgegriffenen Versetzkoordinaten.

### Die Natursteinkuppel

Höhepunkt der planerischen Arbeit war laut Frenzel die architektonisch wie statisch dauerhafte Rekonstruktion der gewaltigen Pfeiler- und Kuppelarchitektur der Frauenkirche. Immerhin besitzt die massiv aus Sandstein gemauerte Kuppel unterhalb des in 38 m Höhe liegenden Tabourgesimses einen maximalen Außendurchmesser von 26,15 m. Damit ist sie die Steinkuppel mit der größten Spannweite nördlich der Alpen.

Frenzel zufolge besteht die Kuppel aus einer dicken Außenschale mit einer Wandstärke von 1,75 m (die sich nach oben auf 1,19 m verjüngt) sowie einer dünnen Innenschale mit einer gleich bleibenden Wandstärke von 25 cm. Zwischen beiden Schalen sind 24 massive Aussteifungsrippen radial angeordnet, die von dem spiralförmig nach oben laufenden Wendegang durchbrochen werden. »Diese beiden Schalen und die Rippen bilden ein räumliches Tragsystem. Abweichend von anderen Kuppelkonstruktionen dient hier die äußere Kuppelschale, die auch allein tragfähig wäre, sowohl als Tragkonstruktion als auch als Wetterhülle«, weist Frenzel auf eine Besonderheit hin.



3-D-Aufmaß und Computermodell einer Treppenturmspitze

Insgesamt massieren sich in der Kuppel 13 000 t Sandsteinmauerwerk, wenn man die darüber liegende Laterne sowie den Kuppelunterbau mit seiner sphärisch gekrümmten Dachform hinzu rechnet.

Beim Wiederaufbau der Kuppel durften jedoch wegen der großen witterungsbedingten Beanspruchungen des Mauerwerks keine Trümmersteine vermauert werden. »Durch die Homogenität des speziell ausgewählten POSTAER SANDSTEINS wird die Dauerhaftigkeit dieses hoch beanspruchten Kuppelmauerwerks gesichert«, unterstreicht Frenzel. Allerdings hätten die Ingenieure zur Aufnahme der großen horizontalen Kräfte aus der Kuppel und der darunter liegenden Innenkuppel, die den Kirchraum abschließt, in Höhe des Kranzgesimses (ca. 25,5 m) einen massiven, stählernen Zugring angeordnet. Überdies habe man zur Minimierung von Rissen sechs ringförmige, stählerne Spannanker (»ähnlich Fassreifen«) im Mauerwerk der Kuppelaußenschale integriert.

### 43 % Altmaterial

Die »neue« Frauenkirche besteht, wie Frenzel versichert, zu 43 % aus Altmaterial. »Nach der archäologischen Enttrümmerung sind genau 8 425 Steinfunde des Außenbaus und einiger Innenbereiche geborgen, erfasst und eingelagert worden«, informiert er. Für heutige Architekten und Planer sei das eine einmalige Dimension:



**Treppenturmspitze E**  
oberhalb des Ruinenteils

»Etwas Vergleichbares gab es bisher nicht!« Weiteres Sandsteinmaterial, so genannte Grundstücke, stammte aus den mächtigen Kirchenmauern. Von 1993/94 an bestand die Kernaufgabe der archäologischen Wiederaufbauplanung in der authentischen Zuordnung des Altsteinmaterials in die künftige Fassade.

Erwartungsgemäß war das Altsteinmaterial in seiner Substanz unterschiedlich zerstört. »Nach 200 Jahren freier Bewitterung, Einsturz und Trümmerberg war kein Stein frei von Abplatzungen, Fehlstellen und Rissen«, erzählt Christoph Frenzel. Acht Jahre dauerte die Sanierung des Originalmaterials. Um richtige Entscheidungen zur Wiedereinbautauglichkeit zu treffen sowie »Grenzen der Sinnfälligkeit einer Rekonstruktion und der

Lebensdauer eines Steins im eingebauten Zustand« abzuwägen, richtete man neben der Baustelle ein Altsteinlager sowie eine Steinmetzwerkstatt ein. Bauherr, Denkmalpfleger und Architekt begutachten jedes einzelne Altstück. »Dabei sammelten wir auch wertvolle Indizien über den ehemaligen und künftigen Einbauort, trafen Festlegungen zum Umfang der Steinrekonstruktion und fertigten Maßnahmen für die laufende Steinplanung

an«, denkt er zurück. Für jedes Fundstück entstand schließlich ein »persönliches« Datenblatt. Die Zahl der am Ende tatsächlich eingebauten Altsteine benennt er mit 3 540 Stück, das Gros davon im Erdgeschoss und der aufgehenden Wand (1 526).

#### Reparaturen mittels Vierungen

Die Steinreparaturen erfolgten »schließlich handwerklich in Vierungstechnik«, versichert Frenzel. Wo Er-

#### KURZINFO:

### Wiederaufbau der Frauenkirche in Zahlau

#### Bauzeit: 1993 bis 2005

4. Januar 1993:  
Beginn Archäologische Enttrümmerung  
27. Mai 1994:  
Baubeginn (erste Steinversetzung):  
22. Juni 2004:  
Wiederherstellung der äußeren Gestalt  
Juni 2005:  
Vollendung des Innenausbau  
30. Oktober 2005:  
Weihe

**Baukosten:** 131,3 Mio. € netto

#### Maße:

- Höhe incl. Turmkreuz: 91,23 m
- Gründungstiefe: 6,60 m
- Breite (Nord/Süd): 41,96 m
- Länge (West/Ost): 50,02 m
- Außendurchmesser Hauptkuppel (unterh. Tambourgesims): 26,15 m
- Stärke Kuppelmauerwerk: 1,75 m (unterh. Tambour) bis 1,19 m (unterh. Kuppelstufen)
- Höhe des Kirchraums bis zum Druckring (Auge) der Innenkuppel: 36,65 m

#### Massenangaben:

- Kirchbauwerk: 60 000 t (= 28 000 m<sup>3</sup> Steinmaterial)
- Kuppelunterbau: 4 000 t
- Kuppel: 8 300 t
- Laterne: 700 t

#### Einsatz historischen Steinmaterials:

- Integration von Ruinenteilern: 9 500 m<sup>3</sup> (34 % der Gesamtbaumasse)
- Einbau geborgener Altsteine (Fassade und Hintermauerung): 2 500 m<sup>3</sup> (9 % der Gesamtbaumasse) Wieder eingebaute rekonstruierte Altsteine: insgesamt 3539 Stück:
- Außentreppen 20 (34 % aus diesem Bereich)
- Erdgeschoss und aufgehende Wand 1 526 (75 %)
- Hauptgesims und Attika 666 (60 %)
- Treppenturmspitze 557 (43 %)
- Kuppel, -anlauf und Tambour 618 (30 %)
- Laterne 152 (37 %)



## Kirchheimer Kalksteinwerke

97268 Kirchheim/Würzburg  
Telefon (0 93 66) 90 66-0, Telefax (0 93 66) 90 66 66  
Verkauf (0 93 66) 90 66 20, www.kkw-stein.de

seit 1922

**Die Einkaufsquelle für Muschelkalk und Sandsteine**  
auch für Rohplatten, Fertig- und Steinmetzarbeiten,  
sowie alles für den GaLa-Bau

<p style="margin: 0;"><b>Muschelkalk-Steinbrüche</b> Kirchheim · Kleinrinderfeld · Krensheim Moos · Eibelstadt</p>	<p style="margin: 0;"><b>Main-Sandstein</b> Farbe: rot, gelb, grün, violett</p>
--	---

Werksteine  
Bodenbeläge  
Treppen  
Fassaden  
Rohplatten  
Grabmale  
Massivstücke  
auch profiliert

## ... aus Flossenbürger Granit ...

und verschiedene in- und ausländische Materialien  
Steinbrüche · Sägerei · Schleiferei  
Arbeitsgemeinschaft Natursteinwerke Rosner & Schedl K.F. OHG  
92696 Flossenbürg-Altenhammer · Tel. (09603) 1091 · Telefax (09603) 2575  
e-mail: info@natursteinwerke.de – Internet: http://www.natursteinwerke.de



**Ausarbeiten des Kehlschlagbandes  
an einem Fassadenstein**



**Schlussstein-Versetzen in der Laterne  
2004**



**»Schmetterling« im Treppenturm G**

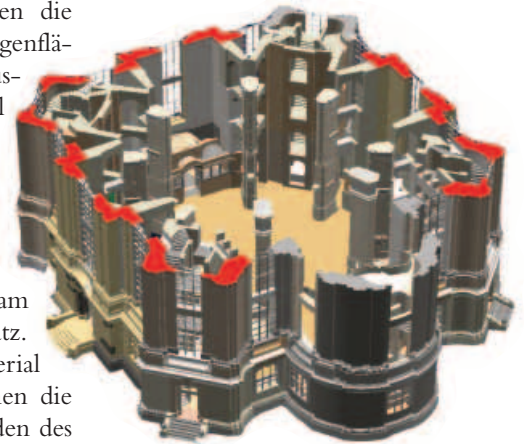
gänzungen nötig waren, haben die Steinmetzen die Stein- und Fugenflächen sauber und ebenflächig ausgespitzt. Das Vierungsmaterial gewannen sie, sofern möglich, aus bereits reservierten Altsteinen, die von der Rekonstruktion ausgeschlossen worden waren. Nur da, wo sich das nicht verwirklichen ließ, kam neuer Sandstein zum Einsatz. Einerlei ob Alt- oder Neumaterial eingesetzt wurde – stets glichen die Steinmetzen nach dem Abbinden des Mörtels und dem Schließen der Fugen (im sichtbaren Bereich mit einem eingefärbten Mörtel) die Sichtflächen der Vierungen wieder manuell dem Hieb des Originalsteins an. Zur Anwendung kamen dabei barocke Techniken und Werkzeuge, wie Knüpfel und Scharriereisen, erzählt Frenzel. Für einige Steinmetzen sei es »nicht ganz leicht gewesen, sich von der gelernten Akkuratess der Steinbearbeitung zu lösen und sich stattdessen der lebendigen Bearbeitungsweise des Barock zu öffnen«. Aber genau das gehöre zu der Authentizität, die diese archäologische Rekonstruktion erfordert habe.

#### **Gesamtplanung aus Alt und Neu**

Bereits während der Steinrekonstruktion begann für die Architekten die eigentliche Steinplanung der Bauteile: Sie mussten die Ergebnisse aus der Fundstücksrekonstruktion und die Planung der Neusteinbereiche zu einer Gesamtplanung der sichtbaren Außenfassaden zusammenführen. Hierbei waren laut Frenzel »größere Ungewissheiten mit der Frage verbunden, inwieweit aus den alten Zeichnungen überhaupt exakte Bauteil- und Steingeometrien ermittelt werden können«. Da jegliches historische Planmaterial, das noch vorlag, ja letztlich nicht für einen möglichen Wiederaufbau erstellt und in einem nicht geeichten Maßsystem gezeichnet worden war, half dies wenig.

#### **Der Werksteinbau**

Den symbolischen Auftakt für den Werksteinbau gab am 27. Mai 1994 das Versetzen des Fundstückes 04721 am Türgewände »A«. Hier wurde zunächst ein Probeabschnitt im Anschluss an den treppenförmigen Ansatz der Ruine am Chor errichtet.



**Steinbau des Kirchenraums bis zum  
Beginn der Bögen und Gewölbe**

»Das vergleichsweise kleine Wandstück eignete sich gut, um technische Vorstellungen zur Steinherstellung, zur Versetzgenauigkeit der großformatigen Werksteine sowie bauzeitliche und technologische Faktoren abzuklären und zu testen«, erinnert sich Frenzel. »Alle sichtbaren Werksteine wurden nun als massive Sandsteine geplant.«

Die Steinhöhen für die Werksteine der Fassaden ergaben sich in Fortsetzung der vorhandenen am Ruinenteil; sie liegen zwischen 50 und 56 cm. Die Steinbreiten entwickelten die Architekten aus dem regelmäßigen Fugenbild, das die gesamte Kirche überzieht. »Wie bei den alten Baumeistern bilden die sichtbaren Werksteine durch den schichtenweisen Wechsel ihrer Steintiefe einen Mauerverband mit dem dahinter liegenden tragenden Mauerwerk, das ebenfalls aus Sandstein-Grundstücken besteht«, führt er hierzu aus. »Diesen Steinverband haben wir in enger Kooperation mit den Ingenieuren geplant und, wo notwendig, in Abänderung der Originalkonstruktion verbessert.«

#### **2500 steinerne Geschenke**

Das neue Material wurde wie seinerzeit in den Brüchen bei Pirna gewonnen. Es handelt sich v. a. um POSTAER SANDSTEIN, ergänzt um einen Anteil an REINHARDTSDORFER sowie im Innenbereich auch geringer Mengen an COTAER SANDSTEIN. Anders als zu Bährs Zeiten, der nehmen musste, was

er bekam, waren die Architekten nun Stammgast im Bruch Wehlen, wo sie v. a. die Blöcke für die acht statisch wichtigen Innenpfeiler »handverlassen«. »Pedantisch wurde jeder Block auf Druck-, Biegezugfestigkeit und E-Modul geprüft, und nur wenn alles optimal war, wurde er freigegeben«, betont Frenzel.

Das Gros der Neusteine fertigten die Sächsischen Sandsteinwerke in Pirna. »Doch auch zahlreiche Steinmetze, Innungen, Steinmetzschulen und sogar Dombau- und Münsterbauhütten haben einen eigenen wichtigen Beitrag zum Wiederaufbau geleistet: Sie arbeiteten auf der Basis der IPRO-Steintechnikzeichnungen insgesamt ca. 2.500 kostenfreie Werksteine«, hebt Frenzel dankbar hervor. Stellvertretend für alle Spender nennt er ausdrücklich die Berliner Innung. Ihre Hilfe sei über Jahre »beispielgebend« gewesen.

#### Der Innenausbau

Am 13. April 2004 wurde in 78 m Höhe der letzte Stein gesetzt. Der archäologische Wiederaufbau des Kircheninnenraums war jedoch noch längst nicht abgeschlossen. Mit dem Ziel, den Zustand von 1736 wieder herzustellen, hatte man auch hier die historischen Pläne, Aufmaße, Bauakten und Fotos sowie die wenigen Fundstücke gesichtet und entsprechend geplant.

Da eine Trennung von Rohbau und Ausbau in historischen Gebäuden nicht möglich ist, war 1995 mit dem Steinbau parallel auch der Ausbau begonnen worden. Das betraf im Kirchraum besonders die Innenpfei-

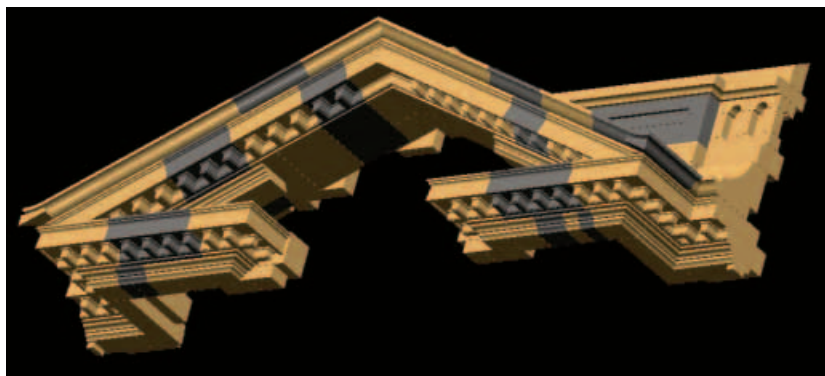
ler, Pfeilerbögen, Gewölbe und die mit Bogen- und Fensteröffnungen versehenen Innenwände bis in Höhe Kranzgesims.

Auch die Steinplanung des Hauptkuppelraums, der Wendelrampe unter der Kuppel und des Laternenhalses habe schon Ausbaubelange einschließen müssen, erläutert Christoph Frenzel. Im Jahr 2002 habe man am Pfeiler F eine Probeachse angelegt,

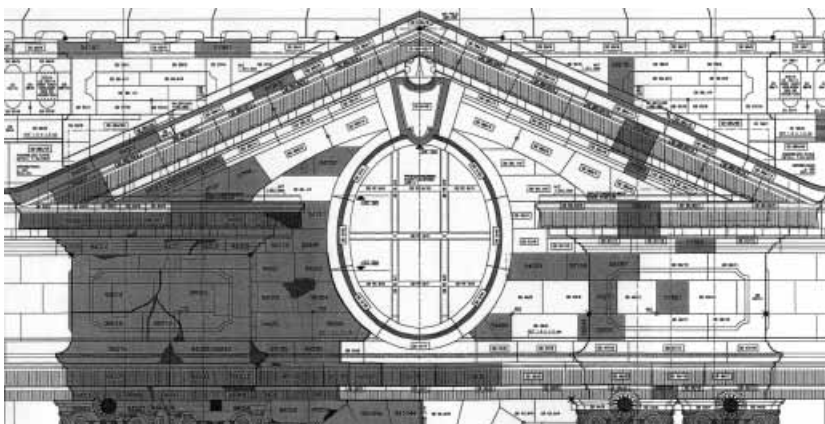
um alle Details und Ausführungsqualitäten be- und abstimmen zu können.

Die gigantische Wiederaufbauleistung ist laut Frenzel »das Ergebnis der intensiven Zusammenarbeit aller Beteiligten – der Bauherren, Planer und ausführenden Restauratoren, Handwerker und Baubetriebe«.

Harald Lachmann



Werksteinplanung und Steintechnik am Hauptgesims, 3D



Versetzplan Westgiebel



NATURSTEINE  
DONDERER  
LINDAU

ROHMATERIAL  
FERTIGARBEITEN  
SPALTMATERIAL

Import  
Export

Steigstr. 12 \* 88131 Lindau  
Telefon 08382-6011 u. 6012  
Telefax 08382-6737  
[www.donderer-lindau.de](http://www.donderer-lindau.de)