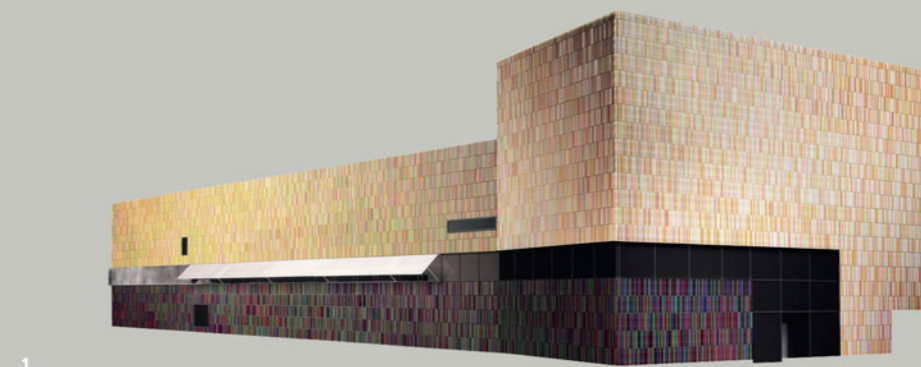
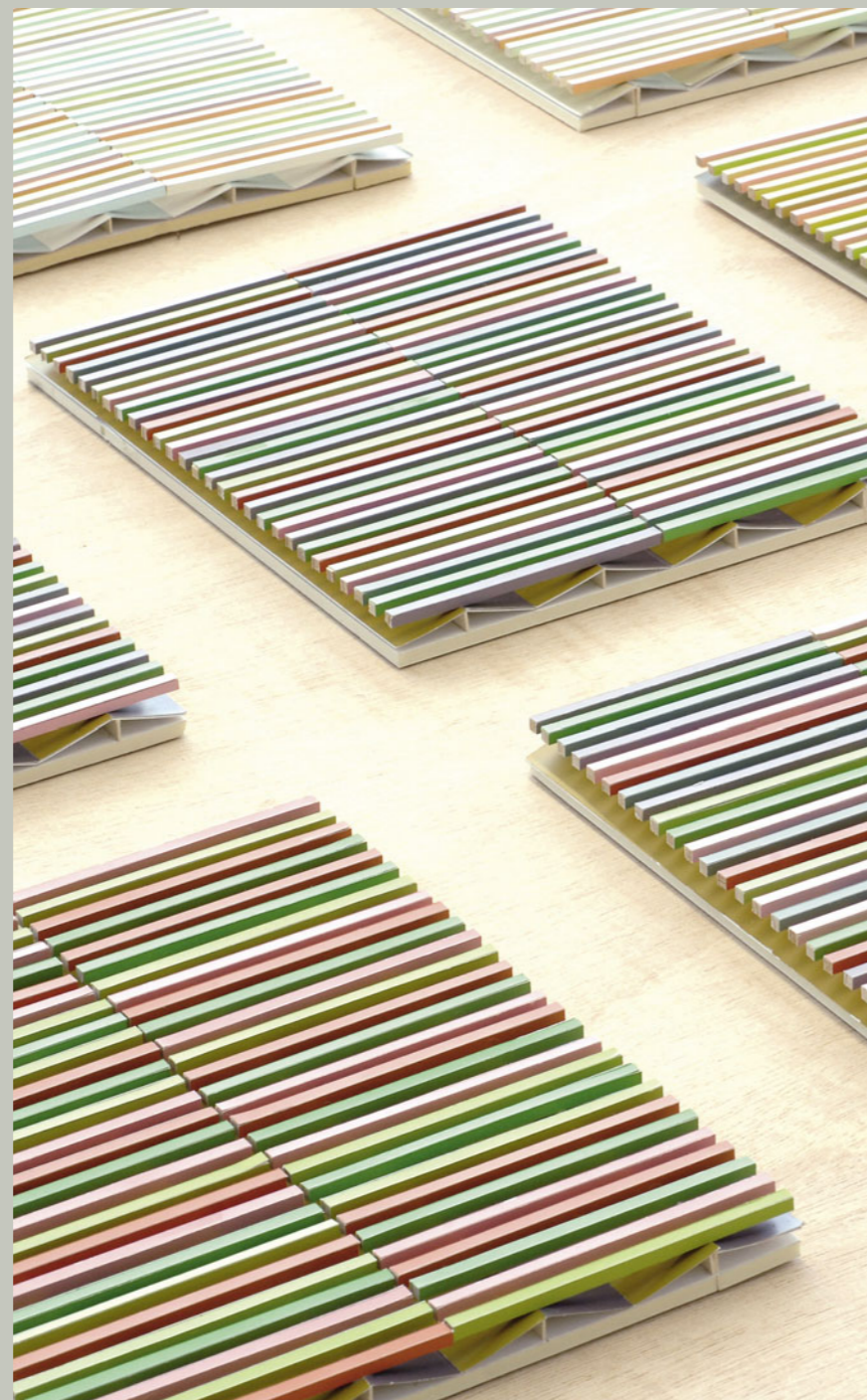


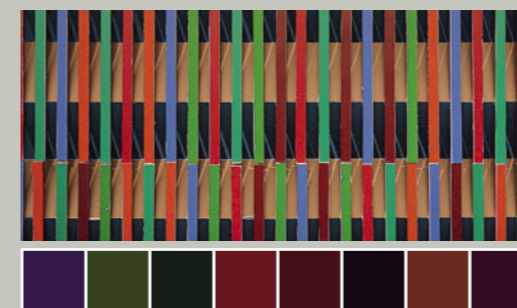
## 36.000 Stäbe für drei Farbflächen aus 23 Farben | Wie setzt man ein Spektrum farbiger Keramikstäbe zu einer Fassade zusammen, so dass diese als einheitliche Farbfläche wahrgenommen werden? Die Farbwirkung des Museums Brandhorst in München wurde von Sauerbruch Hutton und der Firma NBK an einem Modell entwickelt.

Seit Mai ist das Museum Brandhorst für die Öffentlichkeit zugänglich (Heft 7). Die Besonderheit dieser neuartigen Fassade beginnt beim mehrschichtigen Aufbau. Auf der Unterkonstruktion, welche als Isolierung und Wärmedämmung dient, liegt eine horizontal gefaltete Haut aus perforiertem Metallblech, die den Außenlärm absorbiert. Die farbigen Bleche bilden einen dreidimensionalen Hintergrund für die vertikal angeordneten Stäbe. Die Wahl der Farben, die Anordnung und die Farbbeschichtung der Keramikstäbe wurden in mehreren Entwicklungsschritten von Sauerbruch Hutton und NBK gemeinsam entwickelt. Insgesamt wurden 36.000 solcher Rechteck-Rohre in 23 verschiedenen Farben glasiert, die auf dem Gebäude in drei verschiedenen Farbfamilien gruppiert sind. Die lebendige, aber in der Fernwirkung überraschend einheitliche Farbwirkung der Fassade entsteht durch die genau ausgetüftelte Kombination der 23 Farben. Basis für den von den Architekten gewünschten optischen Eindruck von drei ineinander verzahnten Einzelvolumen sind zwei verschiedene Parameter: Einmal die unterschiedliche Farbigkeit (von weiß bis rot) und zum zweiten die Tonalität (hell-mittel-dunkel). Je nach Entfernung und Winkel, aus man die Fassade betrachtet, aber auch je nach Lichteinfall ändert sich die optische Wahrnehmung der Oberfläche.

Die Entwicklungsgeschichte der Keramikstäbe, die im Museum Brandhorst zum Einsatz kamen, hat einen wichtigen Vorläufer im Projekt „Potsdamer Platz“ in Berlin. Dort führte die Kooperation zwischen dem Architekten Renzo Piano und der Firma NBK Ceramic zu dem damals neuentwickelten Format der Keramik-Baguettes, die unter dem Namen TERRART®-Baguette auf den Markt gebracht wurden. Es gibt diese Keramikrohre heute in unterschiedlichen Querschnitten, in München wurden solche mit einem Querschnitt von 40 auf 40 Millimeter verwendet. Das Natural Color System diente als Vorlage für die Entwicklung der 23 Farben für die Fassade, deren Gesamtwirkung an einem vier Meter langen Detail ausprobiert wurde. Gut 90 Prozent der Farben des Natural Color Systems lassen sich inzwischen auf Keramik glasieren. Allerdings stellten leuchtende Gelb- und Grüntöne eine besondere Herausforderung dar, weil die Farbkörper hier generell nicht so intensiv sind. Die Keramikelemente sollten wie handgefertigt aussehen, ein Wunsch, dem die leicht unregelmäßige Materialität der Baguettes entgegenkam. Die irisierende Oberfläche fällt ins Auge, wenn man nahe an die einzelnen Rohre der Fassade herantritt. 72



1



2

**Architekten**  
Sauerbruch Hutton, Berlin

**Projektleitung**  
David Wegener

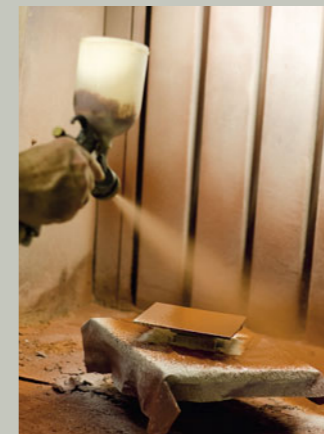
**Fassade (Keramikrohre)**  
NBK Keramik GmbH & Co KG  
Emmerich,  
Projektleitung: Jürgen Hartleb  
Infos über TERRART®-  
Baguette ▶ [www.nbk.de](http://www.nbk.de)



3



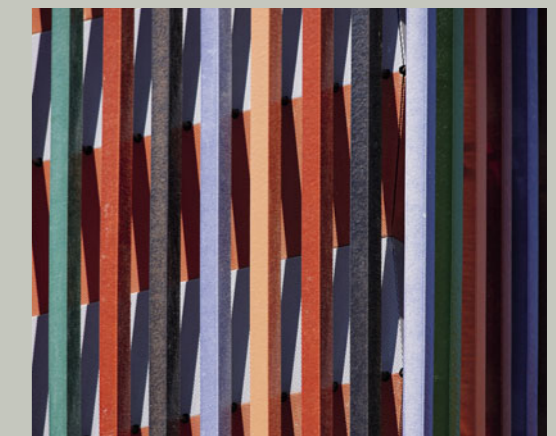
4



5

1 | Präsentationsmodell für die Prüfung der Farbwirkung im Büro von Sauerbruch Hutton. 2 | Die Gesamtwirkung der 23 Farben entsteht durch Kombination: Drei Farbfamilien unterschiedlicher Tonalität wurden so gruppiert, dass der Eindruck entsteht, der Bau setze sich aus drei ineinander verzahnten Einzelvolumen zusammen.

3 | 4 | Entwicklungs- und Produktionsprozess der Keramikflächen bei NBK Ceramic in Emmerich. 5 | Auftragen der Glasur. 6 | Die glasierten Keramikrohre vor dem gewellten Metallblech der Fassade. 7 | Das Museum mit den drei Farbvolumen von der Pinakothek der Moderne gesehen.



6



7

## 30 lose Stahlschwerter formen einen Stern | Wie entsteht aus den Skizzen eines renommierten Künstlers eine standfeste Konstruktion für eine große Platzskulptur in Tokio? Das Berliner Büro Enzo hat für Carsten Nicolai eine Konstruktion entwickelt, die ohne neu gedachte Stahlverbindungen nicht möglich gewesen wäre.

Im Rahmen eines Kunstwettbewerbs für einen Platz im Geschäftsviertel Chiyoda-ku hat Carsten Nicolai die Skulptur „poly\_stella“ entworfen. Sein Vorschlag für einen komplexen Polyeder gewann. Die Skulptur, die auf einem „gedachten“ Ikosaeder basiert, besteht aus 15 langgestreckten Tetraedern, die sich alle in der Mitte kreuzen. Das Berliner Architekturbüro Enzo wurde von Nicolai mit der Umsetzung beauftragt. Zuerst musste geklärt werden, wie die komplizierte Geometrie in eine konstruktive Figur übersetzt werden kann. In einem zweiten Schritt stellte sich die Frage, wie der frei schwebende Stern seine Last auf den Boden abträgt. Die „Stacheln“ dieser Skulptur bestehen aus 30 Stahlschwertern, den Schmalseiten der Tetraeder also, deren Kanten förmlich in den Straßenraum schneiden. Die Flächen dieser Schwerter sind aus spiegelglattem Edelstahl, die Seiten aus schwarz anodisiertem Aluminium.

Die Antwort auf die Frage, wie diese 15 Tetraeder konstruktiv alle durch die Mitte geführt werden können, fand sich in der Figur des Ikosaeders – berühmt geworden durch Buckminster Fullers geodätische Kuppeln. Diese Figur ließ sich durch drei gleich große, ineinander gesteckte Platten (in den Screenshots grün markiert) geometrisch erzeugen. An den Ecken dieser Platten haben die Architekten „Kelche“ fixiert, in denen die Stahlschwerter befestigt wurden. Die Kelche dienen auch dem Ausgleich der Bautoleranzen und fungieren als Widerlager für die Schwerter. Jedes Schwert steckt zugleich in zwei Kelchen, was die kraftschlüssige Verbindung mit den jeweiligen „Nachbarschwertern“ gewährleistet. Ein Problem aber blieb: Die 15 Gewindestangen, die die Schwerter nach innen ziehen und so per Zugkraft im Gleichgewicht halten, können sich nicht alle in der Mitte kreuzen. Eine weitere „Hilfskonstruktion“ in Form einer Auswechslung im Zentrum war nötig: Die Gewindestangen treffen dort auf einen Oktaeder, in den sie eingeschraubt sind. Der leitet die Kräfte auf die andere Seite und garantiert so das Gleichgewicht. Einmal geschlossen, funktioniert die Skulptur als selbsttragendes Flächentragwerk. Die Unterkonstruktion aus Platten und Kelchen ist theoretisch nur für den Aufbau nötig. Allerdings wäre ohne sie die Montage nicht möglich. Schließlich müssen auch die 2,5 Tonnen Gewicht der Skulptur abgefangen werden. Der knapp vier Meter hohe Stern wurde wegen des notwendigen Probeaufbaus in Berlin so konstruiert, dass er für den Transport in seine Bestandteile zerlegt werden konnte. TZ/KG



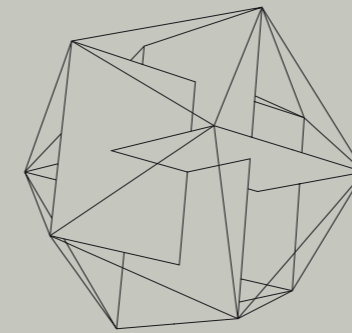
**Entwurf und Konzept**  
Carsten Nicolai, Berlin

**Entwurf Konstruktion und Ausführungsplanung**  
ENZO, Berlin; Jacques Cadilhac, Hans-Michael Földeak

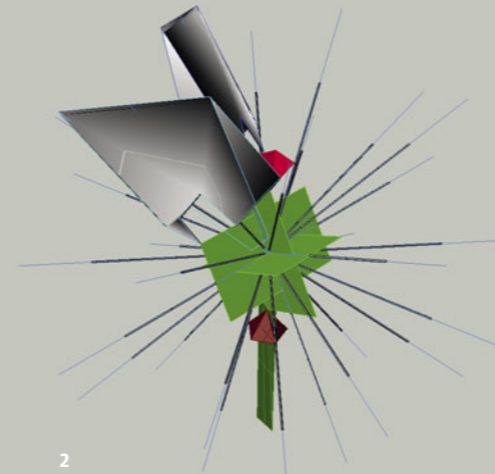
**Tragwerksplanung**  
Teuffel Engineering, Stuttgart

**Wasserstrahlschneiden**  
WASSTEC, Berlin

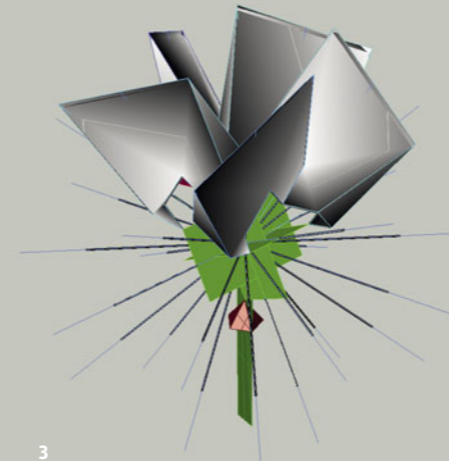
**Ausführung**  
Vorschub Axel Rößling, Berlin



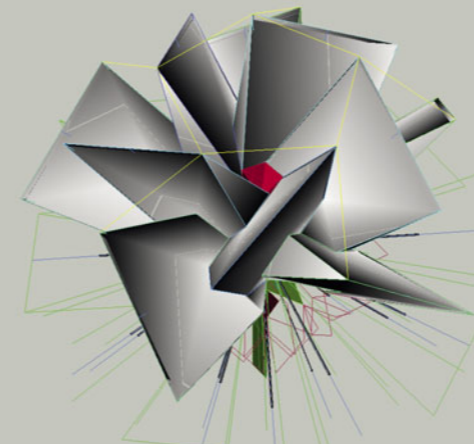
1



2



3



4



5



6

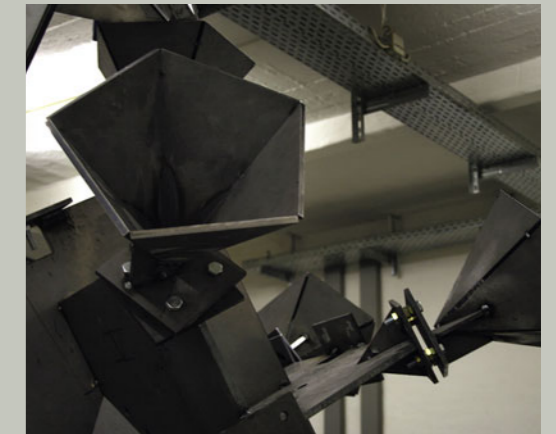


7

1 | Im Inneren der Skulptur dienen die drei Flächen eines „aufgelösten“ Ikosaeders als geometrische Behelfskonstruktion. 2 | 3 | 4 | Screenshots des Montageprozesses mit den Flächen des Ikosaeders (grün), den Kelchen (rot) und den Schwertern (grau). 5 | Unterkonstruktion mit sichtbarem „hohlem“ Zentrum 6 | 7 | Montage der ers-

ten Schwerter 8 | 9 | Unterkonstruktion der Kelche und Detail der Kelche mit fixierten Schwertern. 10 | Montage der letzten Schwerter. Die für Montagezwecke offenen Stirnseiten wurden erst zum Schluss mit Clips geschlossen.

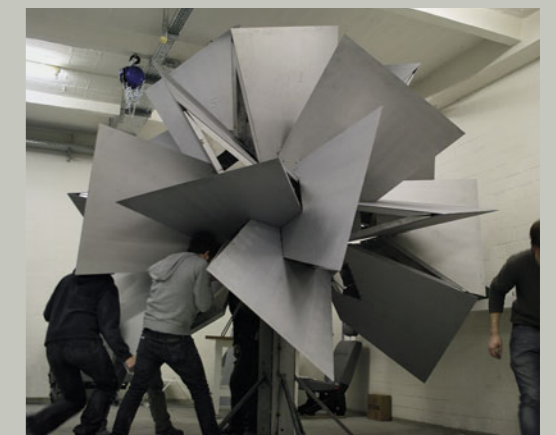
Fotos aus dem Büro ENZO, © Carsten Nicolai



8



9



10

## Auf den Millimeter genau und sehr groß dimensioniert | Die Sichtbeton-Fertigteile, die bei der „ergänzenden Wiederherstellung“ des Neuen Museums zum Einsatz kamen, prägen die Materialität der neuen Architektur. In Zusammenarbeit mit David Chipperfield entwickelte die Dreßler Bau GmbH Fertigteile von außergewöhnlicher Präzision.

Ein halbes Jahr nach Fertigstellung wurde das Neue Museum in Berlin jetzt eröffnet. Der Bau von Friedrich August Stüler, einer der fünf Museumsbauten der Museumsinsel, war im Krieg und durch spätere Einwirkung zu großen Teilen zerstört worden. Ein Drittel der Originalsubstanz fehlte völlig, ein weiteres Drittel war nur im Rohbau-Zustand erhalten. Die Restaurierung durch David Chipperfield nahm fast zehn Jahre in Anspruch (Heft 13.09).

Eine Schlüsselrolle bei der Neu-Gestaltung der verlorenen Raumteile des Museums spielen die großformatigen Fertigteile aus Marmorbeton. Sie wurden teils sandgestrahlt, teils erhielten sie – vor allem an den Übergängen, Treppenläufen und an den Anschlussbereichen – einen Hochglanzschliff. Die Sogwirkung dieser archaischen Sichtbetonteile zeigt sich dem Besucher unmittelbar beim Erreichen des Haupttreppenhauses, dem Dreh- und Angelpunkt des Museums. Die Anforderungen des Architekten an die überdimensionierten Wandflächen, die im Treppenhaus bis zu zehn Meter lang und knapp vier Meter hoch sind, waren außerordentlich groß. Sie betrafen Scharfkantigkeit, größtmögliche Einheitlichkeit und Passgenauigkeit im Millimeterbereich. Über die Toleranzen, die etwa die DIN 18203 bei den Fugen erlaubt, gingen diese Anforderungen weit hinaus. Auch bei den größten Tafeln betrug sie über die ganze Länge nicht mehr als zwei, maximal drei Millimeter. Die Schwierigkeit lag darin, die enorme Präzision für alle Fertigteile einzuhalten. Um dies zu ermöglichen, wurden während des Herstellungsprozesses pro Fertigteil mehrere Maßkontrollblätter erstellt. Jedes Element erhielt einen „Fertigteilpass“, um es bis zur Montage genau zu kontrollieren. Aufgrund der Größe der Teile war die Montage meist nur mit Hilfe der Hochbaukräne möglich. Das Schutzdach über der großen Treppenhalle musste für jeden Hub geöffnet werden. Für die Herstellung des Betons kamen regionaler Sand und Marmor aus dem Erzgebirge zum Einsatz. Die gewünschte Oberflächentextur des Marmorbetons machte viele Proben und Vorversuche notwendig. Die Gesteinkörnung von zwei bis 35 Millimeter hatte zunächst keine ideale Sieblinie erbracht. Wegen der problematischen Randbereiche wurde schließlich mit fünf Millimeter Übermaß betoniert und dann abgeschliffen. Insgesamt 8200 Betonfertigteile – das größte davon 21 Tonnen schwer – wurden im Neuen Museum eingebaut. Die meisten davon sind Unikate. Es ist gerade die elementare Großformatigkeit dieser Fertigteile, die die farbintensive Restaurierung des Museums ausbalanciert. KG/TZ



1



2



3



6



4



7



5



8

1 | Durch das geöffnete Schutzdach werden die bis zu zehn Meter langen und vier Meter hohen Fertigteile herabgelassen.

2 | 9 | Die Form der neuen Treppenanlage orientiert sich an der Rohform von Stüler. Der Einsatz großer Sichtbetonfertigteile hat es David Chipperfield ermöglicht, vertikale und horizontale Flächen zusammenzubringen.

3 | Herstellung der Schalung im Fertigteilwerk. 4 | 5 | Sandstrahlen einer Treppenwand. Bearbeitung eines Handlaufs mit Diamantformfräse.

6 | Große Platten mit Handläufen wurden bereits behandelt.

7 | Montage einer überdimensionierten Treppenwange. 8 | Detail der Treppe mit geschliffenem Handlauf und der Bestandswand im Hintergrund. Die unterschiedliche Körnung des Marmorbetons ist gut zu sehen.

### Architekten

David Chipperfields Architects, Berlin, London

### Ausführungsplanung

Martin Reichert, Eva Schad, Alexander Schwarz (Direktoren); Martin Reichert, Eva Schad (Projektarchitekten)

### Sichtbeton-Fertigteile

Dreßler Bau GmbH, Niederlassung Stockstadt; Hubertus Dreßler (Projektleitung)

► [www.dressler-bau.de](http://www.dressler-bau.de)



9

## Erster Freischwinger aus Kunststoff | Lässt sich aus Kunststoff ein Stuhl bauen, so frei beweglich und gleichzeitig stabil wie die legendären Freischwinger aus Stahl? Mit dieser Frage haben sich der Designer Konstantin Grcic, die BASF und der Hersteller Plank beschäftigt und beim Myto eine bisher nicht für möglich gehaltene Lösung gefunden.

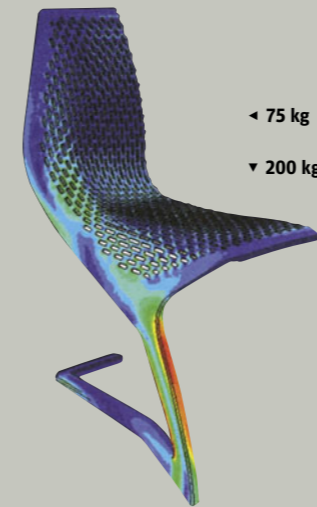
Am Anfang stand Polybutylenterephthalat. Jeder hat den thermoplastischen Kunststoff schon einmal in der Hand gehabt: Zahnbürsten bestehen häufig aus PBT-Fasern. Von BASF wird PBT unter anderem als Ultradur High Speed für die Autoindustrie hergestellt. BASF kam zu Konstantin Grcic mit der Frage, was sich mit diesem Werkstoff sonst noch Sinnvolles herstellen ließe.

Konstantin Grcic hatte ein Ziel vor Augen: 1928 entwickelte Marcel Breuer den stählernen Freischwinger B64. In den 60er Jahren entwarf Verner Panton dann seinen Panton Chair. Der sieht beweglich aus, aufgebaut ist er aber wie ein Surfboard mit Kern; schwingen tut er eigentlich nicht. Grcic wollte ausprobieren, was sich Panton nicht getraut hatte: einen Freischwinger aus Kunststoff konstruieren. Das würde bedeuten, mit dem Kunststoff nicht mehr flächig zu arbeiten, sondern ihn als rahmenförmige Struktur einzusetzen. Billig sollte der Stuhl außerdem sein – was mit Spritzguss möglich war. Einen besonderen Reiz sah Grcic darin, Lehne und Sitzfläche in einem Zug als Gitter zu spritzen.

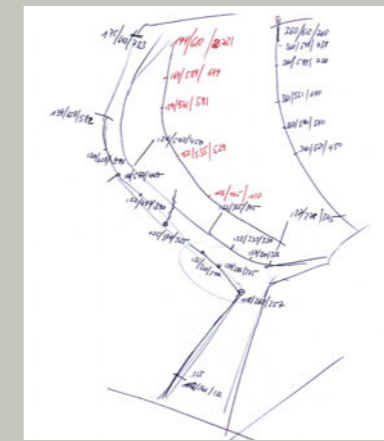
Der Münchner Designer entwickelt seine Modelle gern aus Papier respektive Pappe als „Skizze im Raum“. Angesichts der konstruktiven Anforderungen beim Myto erwies sich dies als wenig zweckmäßig. Stattdessen schuf er viele Modelle aus Styropor. Geklebte schwarze Streifen aus Isolierband simulierten die filigrane Struktur. Um jedes überflüssige Gramm des Ultradur zu vermeiden, wurden frühzeitig Computersimulationen eingesetzt; Schwachstellen in der Konstruktion wie auch Hindernisse in der Fließfähigkeit bei der endgültigen Stahlform konnten so vermieden werden. Zwischenzeitlich überprüfte Grcic den Kunststoff am Spritzgussmodell des Barhockers Miura, der aber aus glasfaserverstärktem Polypropylen gefertigt wird. Ein asymmetrisches Gitter, ästhetisch interessant, wurde wieder verworfen; die Fließfähigkeit des Kunststoffs wäre nicht gewährleistet gewesen; vor allem aber hätte ein solches Gitter die Bewegungen des Stuhls beeinflusst und zu unregelmäßigem Schaukeln geführt. Nach 11 Monaten Planung entstand das Rapid-Prototyping-Modell. Das endgültige Lochmuster zeigt jetzt ein Gitter, wie man es von Lüftungsschlitzen bei den S-Bahnen kennt. Den letzten Test bestand der Stuhl mit seinem nur 5 Millimeter dicken Rahmen, als er einem 500 Kilogramm schweren Stahlblock standhielt. Den Myto gibt es in acht Farben. Am besten verkauft sich der schwarze, gefolgt vom weißen und roten. Mir gefällt der nüchterne graue. *KG*



1



2



3



4



5



6



7



8

**Design**  
Konstantin Grcic Industrial Design, München

**Werkstoff**  
BASF Ultradur High Speed

**Hersteller**  
Plank, Ora  
► [www.plank.it/](http://www.plank.it/)

2 | Das computerberechnete Rahmenmodell zeigt mögliche Schwachstellen der Konstruktion an. Blau zeigt die am wenigsten beanspruchten Stellen, Rot die am meisten belasteten. 1 | 4–7 | An Arbeitsmodellen werden verschiedene Materialien ausprobiert. Rahmenstruktur, Form und die Gitter für Lehne und Sitzfläche werden untersucht.

Abbildung 5 zeigt ein Modell mit Streckgitter. 3 | In den letzten Belastungstests hält der Stuhl einem Gewicht von 500 kg stand. 8 | Die endgültige Stahlform für den Spritzguss entsteht; sie kostet etwa eine halbe Million Euro. 9 | Der fertige Stuhl ist stapelbar und für Innen- und Außenbereiche verwendbar. Er lässt sich recyceln.



9

**Zerschnitten, zerstreut und zusammengeklebt** | Ausgangspunkt für die neue Deckenkonstruktion der Berliner Architekten Ludloff und Ludloff mit Finnforest Merk war eine absurd klingende Idee: Man stelle sich einen Träger vor, der in viele Teile zerlegt wird und dessen Segmente dann schief und schräg auf eine Deckenplatte geklebt werden.

Beim Bau der Mensa für die Grundschule Tempelhofer Feld in Berlin hatten die Berliner Architekten Ludloff und Ludloff für den Entwurf der Holzdecke ein besonderes Bild vor Augen: abstrahierte „Aststücke“ würden wie von selbst den Blick auf den alten Eichenbestand im Hof lenken. Diese „Äste“ sollten aber weder biomorph, noch ornamental erscheinen, sondern Teil eines sichtbaren Tragwerks sein, das sich aus Standardprodukten der Firma Finnforest Merk fertigen lässt.

Die erste Frage der Architekten, ob Träger über die ganze Spannweite durchlaufen bzw. überhaupt parallel zur Spannrichtung laufen müssen, ging zunächst an Tim Göckel, den verantwortlichen Projektengineer bei Arup. Er verneinte. Das Durchbiegen der Platte ließe sich auch durch verschieden lange und leicht schräg zueinander verlaufende Rippen verhindern. Für deren „Streuung“ müssen allerdings Regeln formuliert werden: In ihrem Übergreifungsbereich darf der Abstand zwischen zwei Rippen quer zur Spannrichtung 20 Zentimeter nicht überschreiten. Die Übergreifungslängen müssen mindestens einen Meter betragen. Pro Meter Breite des Dachs müssen mindestens drei Rippen durchlaufen und Rippenköpfe von durchlaufenden Rippen flankiert sein. Das so generierte „Balkenmuster“ wurde für jede Deckenplatte leicht verschoben angesetzt, um sichtbare Wiederholungen zu vermeiden.

Die neun Deckenelemente spannen über 9,50 Meter und bestehen aus einer 51 Millimeter starken und 2,50 Meter breiten Furnierschichtholzplatte (FSH) von Finnforest Merk. Die Rippen aus Fichten-Konstruktionsvollholz mit einem Querschnitt von 8 mal 28 Zentimeter wurden mit Kunststoffbürsten aufgeraut, lasiert und dann, auf Holzstabdübeln fixiert, verleimt und gleichzeitig verschraubt. An den Rippenköpfen, wo Querkraftspitzen auftreten, wurden Vollgewindeschrauben verwendet und die Plattenoberseiten verstärkt. Da die Rippen 10 Zentimeter vor der Fassade enden, ergeben sich einfache Anschlussdetails: Die Platte liegt, nur durch ein Komprimband getrennt, direkt auf der Fassadenkonstruktion auf. Der grüne Anstrich der Plattenunterseite schwächt zwar die Idee der Decke als Verbundsystem, aber er lässt das Bild einer Decke aus „aufgeklebten Ästen“ umso deutlicher werden. *Heiko Haberle*



1

1 | Die Anordnung der Rippen erscheint zufällig, doch sie folgt genauen Regeln. Die abstrahierten „Äste“ überlagern auch Oberlichter. 2 | Die Deckenplatte wird direkt auf die Pfosten-Riegel-Konstruktion der gefalteten Fassade aufgelegt. 3 | Materialität und Farbgebung der Decke verweisen auf die Eichen im Schulhof. 4 | Die Rippen werden von oben angepresst und von unten verschraubt. Zu sehen sind die über die Länge der Rippen ver-

teilten kurzen Schrauben für den Anpressdruck und die jeweils sechs langen Schrauben an den Rippenköpfen. 5 | In die Rippenoberseiten gefräste Nuten fangen überschüssigen Leim auf. 6 | Die fertiggestellten Deckenplatten, die sich in ihrer Struktur leicht unterscheiden. 7 | Die Rippen enden im Innenraum vor der Fassade.

Fotos 1, 2, 7: Architekten; Foto 3: Christian Gahl; 4–6: Finnforest Merk



2

**Architekten**  
Ludloff + Ludloff Architekten,  
Berlin

**Mitarbeiter**  
Laura Fogarasi-Ludloff, Jens  
Ludloff, Corinna Noack,  
Dennis Hawner (Bauleitung)

**Tragwerksplanung**  
Arup Berlin, Tim Göckel

**Deckenplatten**  
Finnforest Merk GmbH  
[www.finnforest.de](http://www.finnforest.de)

**Ausführung Holzbau**  
Arche Naturhaus GmbH  
► [www.arche-naturhaus.de](http://www.arche-naturhaus.de)



3



4



5



6



7

**Holzgeflecht aus 18 Kilometern Träger** | Das Centre Pompidou im lothringischen Metz wird Ende Mai eröffnet. Große Erwartungen begleiten dieses „zweite Beaubourg“. Shigeru Ban und Jean de Gastines konzipierten – zusammen mit Holzbau Amann – ein Dach, dessen extreme Krümmungswechsel die eigentliche Herausforderung darstellten.

Kann der neue Bau des Centre Pompidou in Metz den Erfolg des Originals in Paris wiederholen? Shigeru Bans Entwurf setzte bei seinem Wettbewerbsgewinn vor sieben Jahren (Heft 48.2003) auf die Faszination des nachwachsenden Baustoffs Holz. Für das Dach entwarf er ein „Flechtwerk“ aus Trägern, die durch ihre drei Laufrichtungen ein Muster aus Sechsecken und Dreiecken erzeugen. Zusammen mit Holzbau Amann und dem Ingenieur Hermann Blumer entstand in langsamer Detailarbeit das anspruchsvolle Ausführungskonzept: Sechs Lagen von Brettschichtholzträgern liegen beim fertigen Bau paarweise übereinander und spannen bis zu 70 Meter weit. Sie bestehen aus 1600 individuellen, geometrischen Segmenten. Die Kraftübertragung zwischen den zwei Trägern einer Laufrichtung besorgen Schubverbinder sowie 3500 sechseckige Holzdollen, die an den Knotenpunkten durchgesteckt sind.

Die Umsetzung der von den Architekten für den Wettbewerb gezeichneten Freiform war schwierig. Die Planer hatten zunächst nur den Dachgrundriss, die Position der Gipfelpunkte und die Ansichten einzubringen – das von ihnen ursprünglich konzipierte dreidimensionale Polygonnetz erwies sich für die Planung als unbrauchbar. Es bestand aus geraden Stäben, die an den Knotenpunkten leicht abknicken. Damit das Dach trägt, müssen die Netzlinien aber stetig gekrümmt und jeder Punkt rechnerisch eindeutig definiert sein. Dazu war es nötig, die Konstruktion in eine „Nurbs“-Fläche“ zu übersetzen, mit einem Programm aus dem Automobilbau, das es erlaubt, beliebig gekrümmte Flächengeometrien mathematisch genau abzubilden. Anhand dieser Referenzfläche konnte die Dachhaut statisch und ästhetisch optimiert werden, damit z.B. die Träger aus Besucherperspektive möglichst plan verlaufen.

Ebenso komplex wie die präzise Darstellung der Dachgeometrie war die Vorbereitung der Fertigung: Eine spezielle Software wurde für die Teilung der Träger in möglichst lange, aber noch transportable Segmente geschrieben. Aus der vordefinierten Form der Rohlinge schnitt die CNC-Fräse das Trägervolumen. War der Krümmungsverlauf eines Abschnitts extrem, musste bereits der angelieferte Rohling einsinnig oder gar zweisinnig gekrümmt sein – ein Anschneiden der Holzfasern in einem Winkel von mehr als fünf Grad hätte zu einer verminderten Tragfähigkeit geführt. Bedauerlich allerdings, dass die aufwendige Konstruktion nur ein imposanter Schirm sein wird für die kistenförmigen Ausstellungshallen.

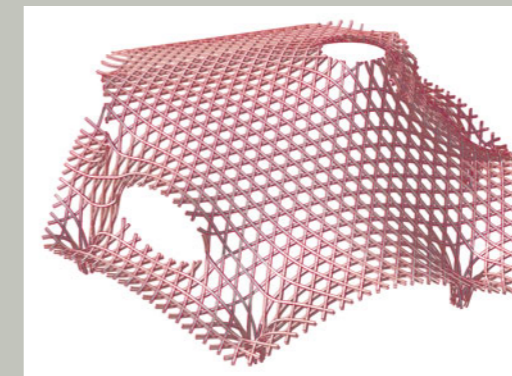
Heiko Haberle



1



2



3



4



5



6



7



8



9

#### Architekten

Shigeru Ban, Jean de Gastines,  
Tokio, Paris

#### Tragwerksplanung

SJB Kempter Fitze AG

#### Ausführung Holzbau

Holzbau Amann GmbH  
► [www.holzbau-amann.de](http://www.holzbau-amann.de)

#### Fertigungsoptimierung

Designtoproduction GmbH  
► [www.designtoproduction.com](http://www.designtoproduction.com)

#### Formfindung

Icapp GmbH  
► [www.icapp.ch](http://www.icapp.ch)



10

1 | Besonders im Bereich der Stützenbündel sind die Krümmungen extrem. Die Laschen auf der obersten Trägerlage dienen der Befestigung einer Membran. 2 | Das Dach ließ sich mit einer einzigen Nurbs-Fläche darstellen. Der „Zebra-Plot“ weist die Krümmungsverläufe nach. 3 | Im Programm Rhino wurde auf Basis der Nurbs-Fläche und des sechseckigen Dachgrundrisses das Trägernetz aufgebaut. 4 | Jeweils zwei Träger folgen einer Laufrichtung. Dabei umgreifen sie Träger der zwei anderen Laufrichtungen. 5 | In Einzelfällen musste bereits der Brettschichtholz-Rohling zweifach gekrümmt sein. 6 | Die CNC-Fräse „modelliert“

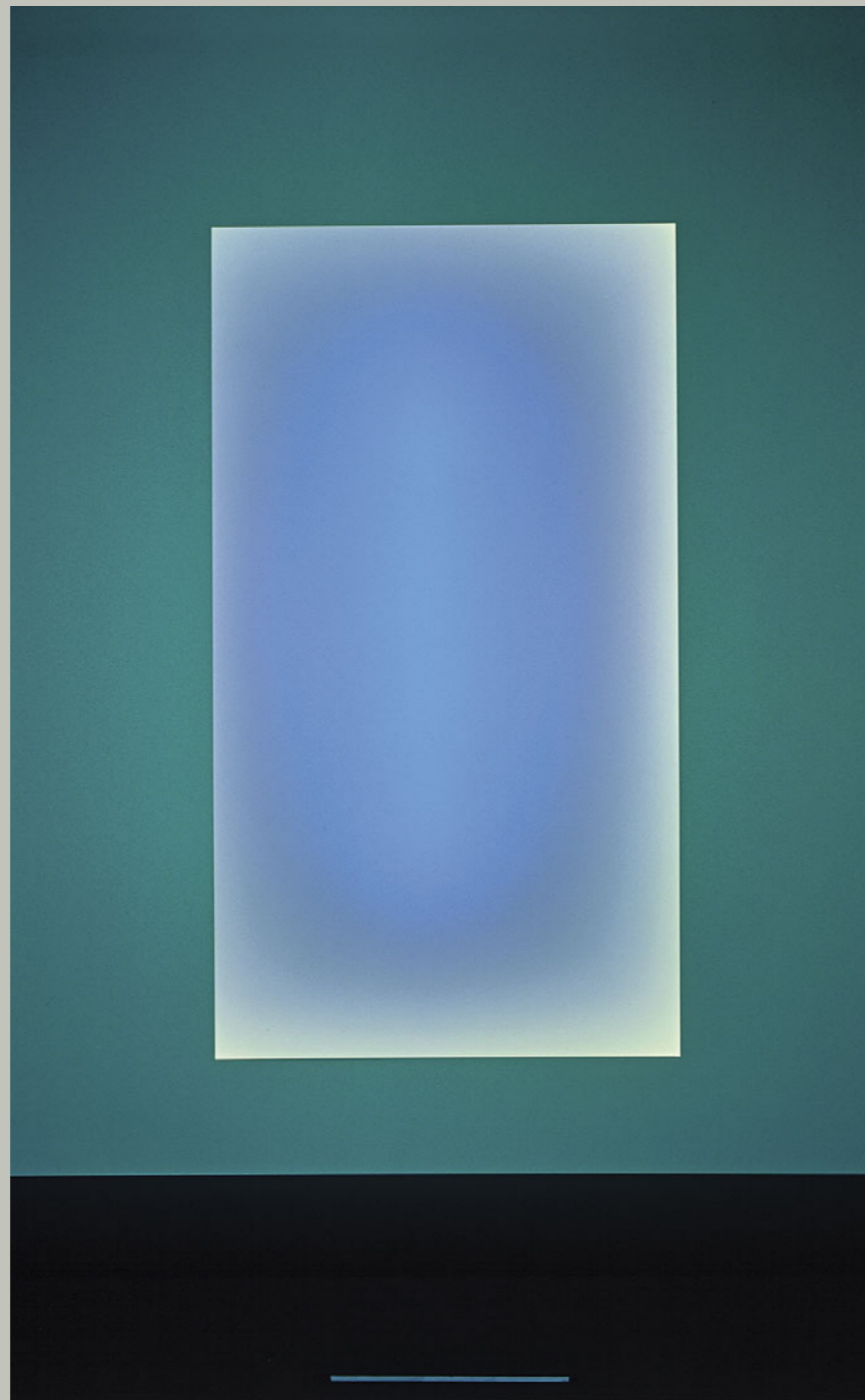
das Trägervolumen aus dem Rohling heraus. 7 | Die Segmente werden später mit eingeschlitzten Stahlplatten verbunden. 8 | Die erste Trägerlage wird montiert. Provisorische Holzunterzüge mit Einfräsungen sorgen für eine genaue Lagerung. 9 | Die Dollen an den Knotenpunkten werden mit einer Gewindestange vorgespannt. 10 | Das Dach überspannt das Foyer und die Ausstellungshallen und ist an einem Stahlring der großen „Zeltstütze“ aufgehängt. Die abschließende Dachmembran fehlt noch.

Fotos: 1–3, 5–7: Designtoproduction; 4, 8–10: Holzbau Amann

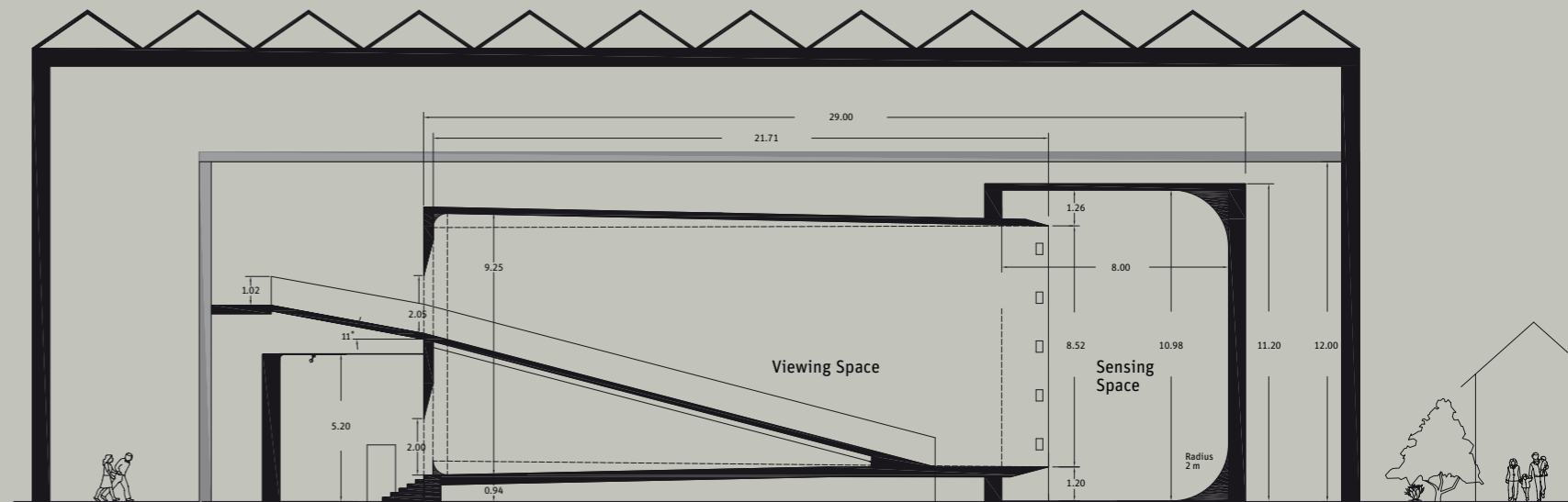
**Farbiges Rauschen** | Mit „Bridget's Bardo“ ist in Deutschland die bisher größte begehbare Lichtinstallation von James Turrell zu sehen. In der einfachen Rampenkonstruktion hebt das changierende Licht die Raumgrenzen auf. Zum Einsatz kamen 30.000 LEDs von Zumtobel, die Turrell zusammen mit Torsten Braun choreographiert hat.

Bis zum 3. Oktober ist „Bridget's Bardo“ in Wolfsburg zu sehen. James Turrell erzeugt bei dieser Rauminstallationen mit Licht bestrahlte struktur- und konturlose Flächen, die das gesamte Sehfeld ausfüllen; die gewohnte Orientierung, aber auch die Erfahrung von Raumgrenzen wird hier aufgehoben (Heft 43.09). Dass sich die großen Räume des Wolfsburger Museums für eine solche Installation gut eignen würden, erkannte Turrell bereits zu Hause in seinem Atelier in Arizona, als ihm der Lichtplaner Torsten Braun die Eigenheiten des Museums erläuterte. Die notwendigen Einbauten skizzierte Turrell in die Pläne, die ihm Braun mitgebracht hatte: Der Besucher schreitet im „Viewing Space“ – siehe Schnitt – eine Rampe hinab und blickt dabei auf den kleineren, aber etwas höheren „Sensing Space“. Wo beide Räume ineinander übergehen, befindet sich der ideale Betrachterstandort; hier entspricht der Sensing Space dem Sehfeld. Die Lichtanlage von Zumtobel besteht aus 24 LED-Strahlern hinter der Rückwand des Sensing Space und aus 250 LED-Linien hinter opaken Kunststofffolien an der Rampe. Die Steuerung der Lichtquellen musste vor Ort entwickelt werden, ohne dass bereits eine „Choreographie“ von Turrell vorlag. Vielfältige Farb- und Helligkeitsdifferenzierungen sollten möglich sein, das ganze durfte aber auch nicht zu komplex werden. So ist die einzelne Ansteuerung der 30.000 Dioden zwar theoretisch möglich, aber in der Praxis unbezahlbar.

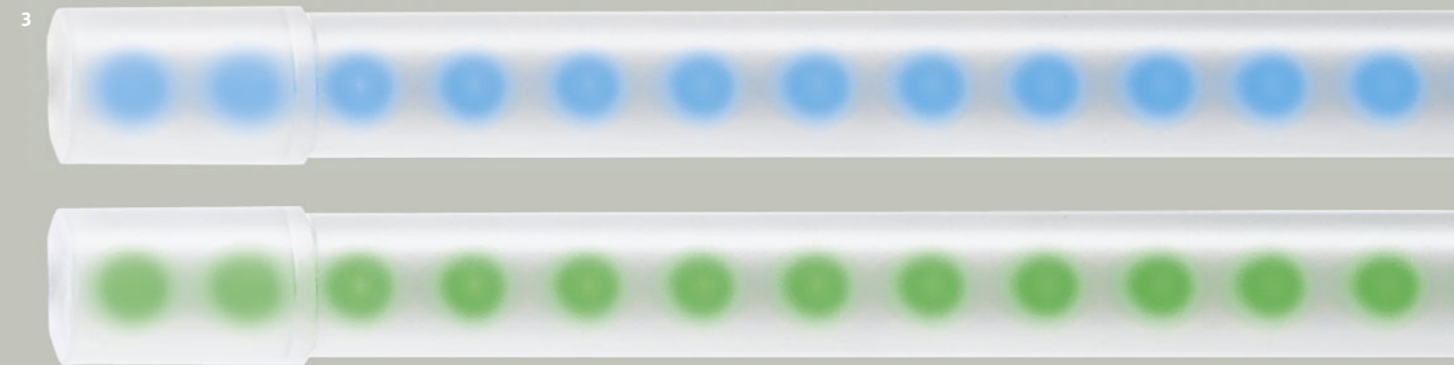
Im realisierten Projekt vollziehen die 24 Strahler gemeinsame Farb- und Helligkeitswechsel; die LED-Linien hingegen sind in drei Gruppen gegliedert (rechte Brüstung, linke Brüstung und Rampenuntersicht), von denen jede in zehn Untergruppen für feinere Differenzierungen geteilt ist. Linien und Strahler bestehen aus roten, grünen, blauen und weißen Dioden. Jede Farbe kann in über 65.000 Helligkeitsstufen abgestrahlt werden. Das geschieht nicht etwa durch Dimmen, wie man sich das vielleicht vorstellen könnte. Tatsächlich flackern die Dioden in kurzen Intervallen: Schnelles Flackern erscheint heller, langsames dunkler. Durch gleichzeitiges Leuchten mit anderen Grundfarben können Millionen Farbwerte gemischt werden. Der Lichtplaner programmierte etliche Standbilder (z.B.: grüner Sensing Space und roter Viewing Space), die dem Künstler vor Ausstellungsbeginn vorgeführt wurden. Turrell entschied sich für einen vergleichsweise simplen, aber effektiven Ablauf: Ein blauer Raum wird innerhalb von acht Minuten sukzessive zu einem roten Raum und retour. *Heiko Haberle*



1



2



3

1 | Auch ein „Tall Glass-Piece“ mit 15.000 LEDs hinter einer matten Glasscheibe ist in Wolfsburg zu sehen. Die Verläufe werden aus fünf Grundfarben gemischt: Rot, Grün, Blau, Kaltweiß und Warmweiß.  
2 | Die Trockenbau-Konstruktion ist 11 Meter hoch und 700 Quadratmeter groß. Alle Raumecken mussten zur Kaschierung der Raumgrenzen mit einem Radius von zwei Metern ausgerundet werden.  
3 | An der Rampe sind 250 LED-Linien mit jeweils 60 Dioden angebracht. 4 | Führt die Rampe hinauf oder hinunter? Die räumliche Wahrnehmung gibt keine Auskunft mehr.  
5 | Hinter der Stirnwand des Sensing Space befinden sich 24 LED-Strahler. 6 | Ein „Ganzfeld-Piece“ nutzt den aus der Wahrnehmungspsychologie bekannten Ganzfeld-Effekt: Das Gehirn empfängt einen uniformen Reiz, blendet diesen bald aus und gibt den Zugang zum Unterbewusstsein frei; das eingespielte Raumgefühl schwindet.

„Tall Glass Piece“ 2007, © James Turrell, Foto: Florian Holzherr, Courtesy Häusler Contemporary Zürich, „Bridget's Bardo“ 2009 begehbare Installation, © James Turrell, Foto: Florian Holzherr

**Installation**  
James Turrell

**Lichttechnik**  
Zumtobel Lighting GmbH  
► [www.zumtobel.com](http://www.zumtobel.com)

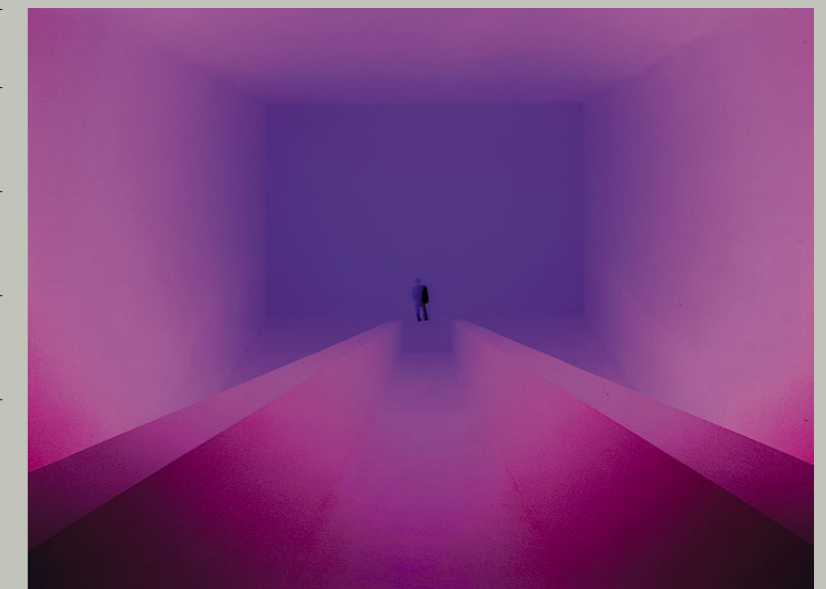
**Lichtplanung**  
Die Lichtplaner, Limburg  
► [www.lichtplaner.com](http://www.lichtplaner.com)

**Kunstmuseum Wolfsburg**  
Bridget's Bardo,  
bis 3.10.2010

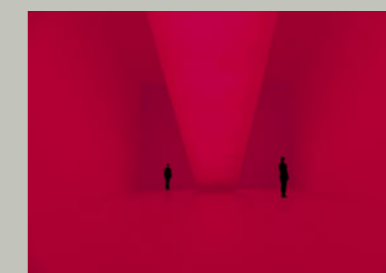
**Zumtobel**  
auf der light + building  
Halle 2.0 B30 (Festhalle)



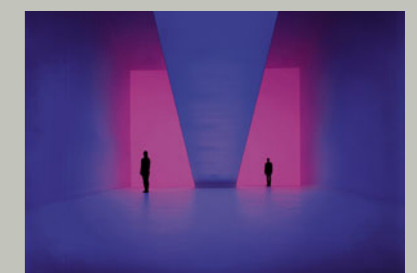
5



4



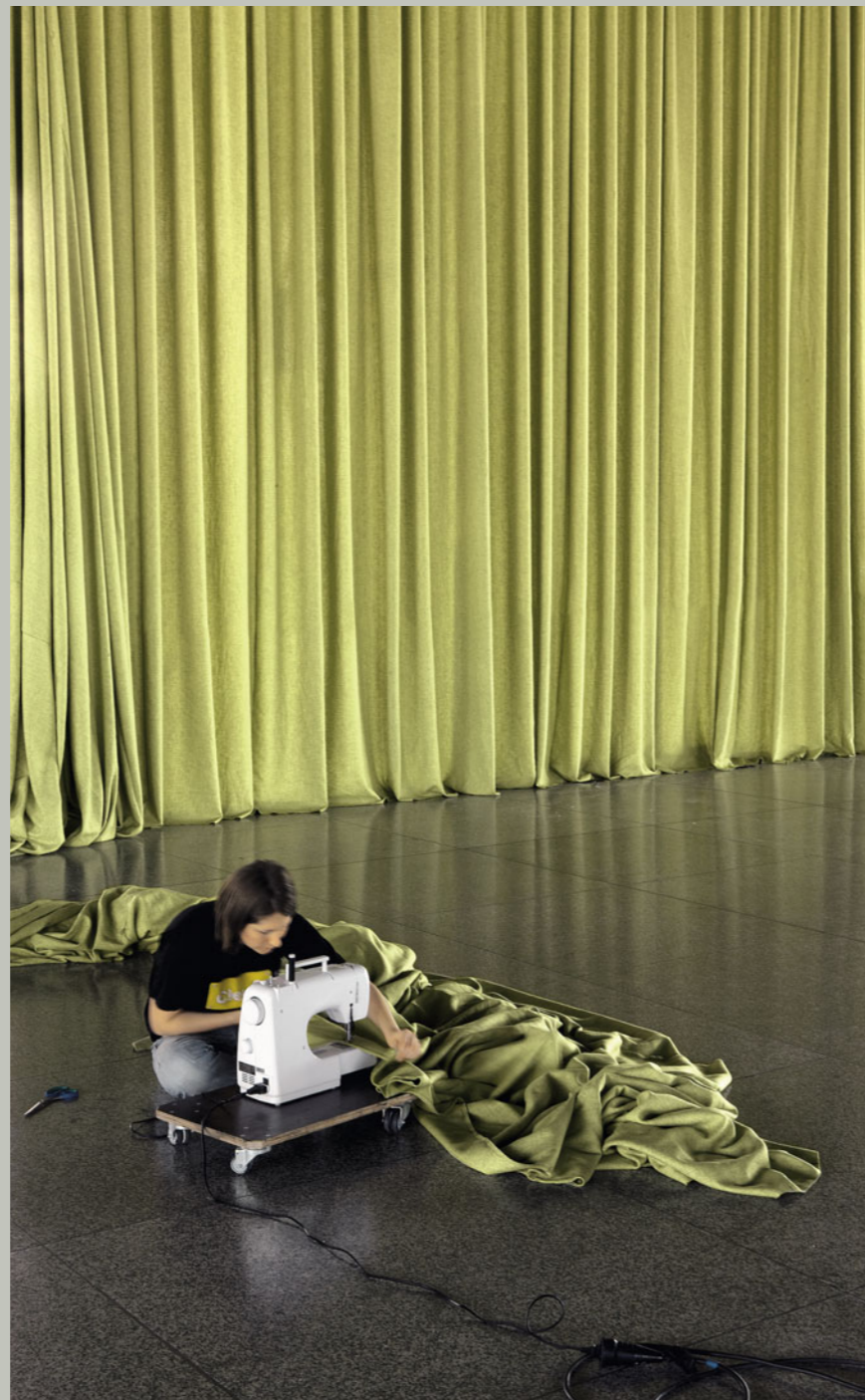
6



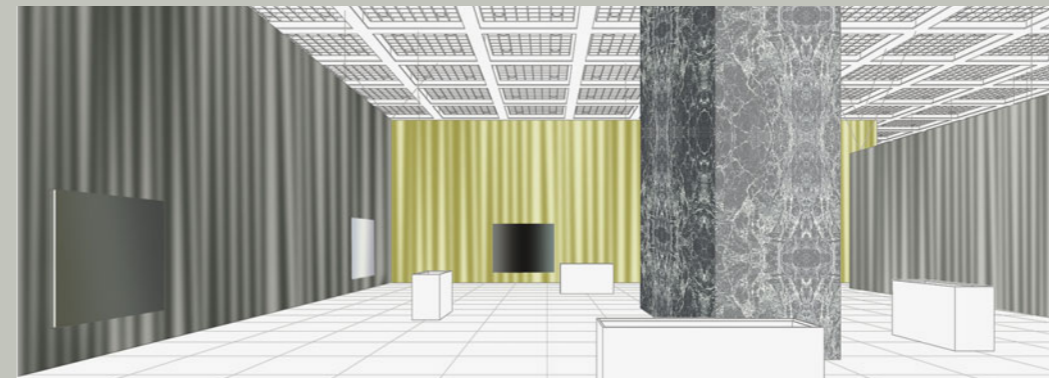
**Research Nr. 08 | Stehende Vorhänge** | Bei der Ausstellung von Thomas Demand sorgten auch Caruso St John Architects mit ihren textilen Wänden für Aufsehen, denn die von Kvadrat eigens gefärbten fünf Kilometer Stoff schienen weder zu hängen noch zu stehen. Mies van der Rohe geschuldet, entsprach sogar die Statik diesem Bild.

Thomas Demand suchte für seine Ausstellung in der Berliner Neuen Nationalgalerie (Heft 38.09) nach einem textilen Hintergrund für seine Fotografien von Schauplätzen deutscher Geschichte, die er aus Papier nachgebaut hatte. Dabei sollte der Stoff als eigenständiges Material und nicht als Innendekoration verstanden werden. Der Entwurf von Caruso St John Architects kam diesem Wunsch entgegen, weil er Wände vorsah, die scheinbar nur aus Stoff bestehen, statt bloß behängt zu sein. Entscheidend für diesen Eindruck war auch der ausgewählte hundertprozentige Wollstoff mit ausgeprägter Melierung. An Musteraufbauten im Studio des Künstlers und am Ausstellungsort wurden Faltenwurf, Struktur und Beleuchtung überprüft und die Farben Braun, Grau und Gelb ausgewählt. Das Braun aus dem Produktprogramm erschien angemessen, weil es „organisch, aber nicht ökologisch“ wirkte. Auch ein dunkler Standard-Grauton fand Verwendung, wirkte aber an innen liegenden Wänden zu schwer, so dass Kvadrat hierfür Stoffbahnen in hellerem Grau färbte. Das neutrale Gelb – die Referenz war ein Post-it – war gänzlich ein Sonderfarbton. Gewebt wurden die Stoffbahnen in einer auf Wolle spezialisierten Weberei in Mittelengland in Abschnitten von jeweils 200 Metern, die schließlich in einem weiteren Betrieb gefärbt wurden.

Das Motiv schwebender „Wände“ aus Wolle war weniger Kulisse, als man vermuten könnte: Feste Verbindungen zum Boden oder zur Decke der Neuen Nationalgalerie fehlten tatsächlich, obwohl es durchaus ein Holzständerwerk als Unterkonstruktion für die 4,50 und 6,50 Meter hohen Wände gab. Um den Boden zu schonen, konnte die Konstruktion dort nicht verankert werden. Ein einfaches Abhängen von der Decke war aber ebenso wenig möglich, weil sich das Stahldach je nach Außentemperatur um mehrere Zentimeter hebt und senkt. Da Mies bereits Gewindebohrungen und Ösen an den Kreuzungspunkten seines Trägerrosts eingeplant hatte, entschieden sich die Architekten für Abspannungen mit Stahlfedern am unteren Ende. Mit nur zwei hinter dem Stoff verborgenen Federn pro Wand gelang das Abfangen der Schwingungen. Die Aufhängungen wurden dann so vorgespannt, dass die gesamte Konstruktion beinahe abhob, was aber durch aufgelegte Betonschwellen verhindert wurde. Bodenkontakt behielt das Ständerwerk nur durch Reibung, die rutschfeste Gummimatten an seiner Unterseite erzeugten. Die Konstruktion stand also permanent unter Spannung und blieb quasi balancierend in Position. *Heiko Haberle*



1



2



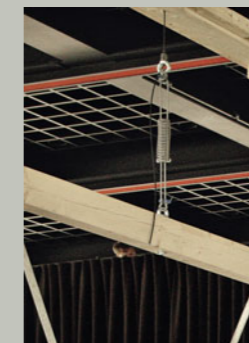
3



4



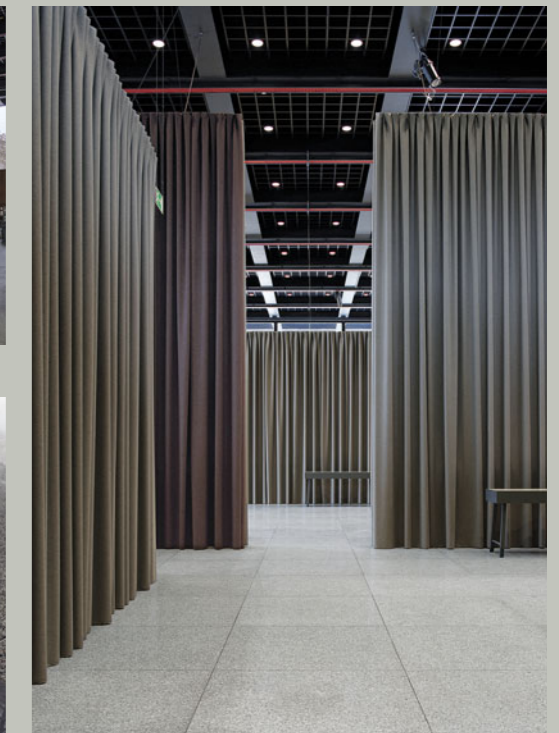
5



6



7



8

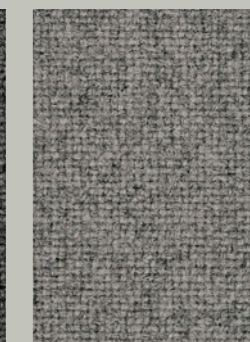
1 | Das Zuschneiden und Nähen erfolgte erst am Ausstellungsort. 2 | Raumperspektive mit den scheinbar schwebend montierten Bildern. 3 | Die Konstruktion des Ständerwerks erfolgte liegend. Der Stoff wurde in Ballen zu 60 m angeliefert. 4 | Die Aussteifung in Längsrichtung wird durch Windrispen geleistet. 5 | Zeitweiliglich die Neue Nationalgalerie einer Schneiderwerkstatt. 6 | Mit Federn wurden die Schwingungen der Decke aufgefangen. 6 | Die Abspannungen mit den Federn enden

oberhalb der Auskreuzungen. 7 | Das Ständerwerk steht nur auf rutschfesten Gummimatten. 8 | Der Stoff wurde im gewünschten Faltenwurf an eine Tragplatte getackert, die mit 3 cm Abstand vor dem Ständerwerk befestigt war. 9 | Der Standard-Grauton war für innen liegende Wände zu dunkel. 10 | Probefärbungen für einen helleren Grauton.

Fotos: 1 | Studio Demand | 2, 3, 5, 10 | Caruso St John Architects | 4, 6, 7 | Lichtblick Bühnentechnik | 9, 10 | Kvadrat



9



10

Künstler  
Thomas Demand

Architekten  
Caruso St John Architects,  
London

Ausstellungsbau  
Lichtblick Bühnentechnik  
► [www.lichtblick-buehnen-technik.de](http://www.lichtblick-buehnen-technik.de)

Stoffe  
Kvadrat ► [www.kvadrat.dk](http://www.kvadrat.dk)



**Research Nr. 09 | Neo-Neogotik** | Mit der neuen Wandgestaltung für die Alte Universität Marburg halten die Architekten Bayer Uhrig das traditionelle Grundprinzip der Tapete hoch: ein Muster aus regelmäßig sich wiederholenden Ornamenten. Die Kleinserien-Herstellung durch die Marburger Tapetenfabrik erfolgte mit dem Vliesplotter.

Ein Teil des alten Hauptgebäudes der Universität Marburg sollte für das Institut für Kirchenbau renoviert werden; mehr als der karge „Universitätsstandard“ stand nicht zur Verfügung. Die Architekten Dirk Bayer und Andrea Uhrig wollten diesen Standard überbieten und bei der Sanierung einen Bezug zu dem 1879 realisierten Gebäude und dessen Architekt Carl Schäfer herstellen. Alle Sonderwünsche an Gestaltung mussten durch Sponsoring erzielt werden. Die Marburger Tapetenfabrik bot eine Beteiligung an. Als Herausforderung für die Architekten erwies sich der Umgang mit der traditionellen, ornamental bedruckten Tapete. Diese sei lange verpönt gewesen als „Konzentrat dessen, was Architektur nicht sein soll“, so Dirk Bayer. Die Zeiten haben sich geändert – in dem selbstbeförderten Auftrag sah der Architekt eine Gelegenheit zu einem Bekenntnis für das neogotische Ornament. Florale Motive aus verschiedenen Tür-Oberlichtern des Schäfer-Altbaus wurden auf abstrakte Art zitiert und auf der Tapete neu arrangiert. Mit der Gestaltung wurden der Grafiker Roman Bittner und seine Firma Apfel Zet beauftragt. Bittner wählte Versatzstücke aus und „verknüpfte“ sie in Varianten: mit Konturen oder ohne, auf hellem oder dunklem Untergrund sowie in unterschiedlichen Skalierungen, um Fern- und Nahwirkung in Einklang zu bringen. Eine Schwierigkeit musste gelöst werden: Die klassische Produktionsweise einer Tapete war angesichts der relativ geringen Menge ausgeschlossen. Der übliche Rotations-siebdruck verlangt speziell angefertigte Walz-Schablonen, aus deren Innenraum die Farbe durch Perforationen auf das Papier austritt. Dem Umfang der Walzen von üblicherweise 64 Zentimetern entsprechend, ergibt sich für die Tapete der sogenannte Rapport: also eine Wiederholung des gleichen Grundmusters. Weil sich dieses Vorgehen erst ab tausend Rollen rentiert, kam der neue Großformat-Digitaldruck zum Einsatz. Damit sind quasi endlose Motive ohne vertikale Wiederholungen möglich. Dirk Bayer und Roman Bittner wollten aber kein endloses Bild. Obwohl technisch eigentlich obsolet, sahen sie den Rapport als Indikator für den Typus Tapete – und hielten an deren Grundprinzip fest, wonach sich ein fortlaufend wirkendes Muster aus sich wiederholenden Einzelementen zusammensetzt. *Heiko Haberle*



2



3



4



5

1 | Das Tapetenmuster wurde aus abstrahierten Einzelornamenten „zusammengestrickt“.

2,3 | Die Vorlagen lieferten unter anderem die Rosetten-Oberlichter des Altbaus in seiner Ausführung von 1879.

4,5 | Das einstige Rektoratsgebäude war üppig ausgestattet und wies einen Fries auf. Als einzigen Dekor hat das heutige Rektorat am selben Ort wieder einen solchen Fries.

6 | Das Tapetenbild entstand aus einem Grundmuster, das, nach dem Vorbild des Tapetenrapports vervielfältigt, aneinandergesetzt wurde.

7 | Der „Tapetenplotter“ hat eine maximale Druckbreite von 3,50 Metern.

8 | Die ausgewählte Variante auf dunklem Grund in mittlerer Skalierung wurde auf einem 200g-Vlies gedruckt, das sich nicht ausdehnt und auch nicht schrumpft. Jeweils die Stirnseiten der einzelnen Räume wurden tapeziert.

Fotos: 1,6 | Apfel Zet; 7 | Marburger Tapetenfabrik; 2,3,4 | Archiv Universität Marburg; 5 | Michael Heinrich; 8 | Bayer Uhrig Architekten

#### Architekten

Bayer Uhrig, Kaiserslautern  
► [www.bayer-uhrig.de](http://www.bayer-uhrig.de)

#### Entwurf Tapete

Apfel Zet Grafikdesign  
► [www.apfelzet.de](http://www.apfelzet.de)

#### Hersteller Tapete

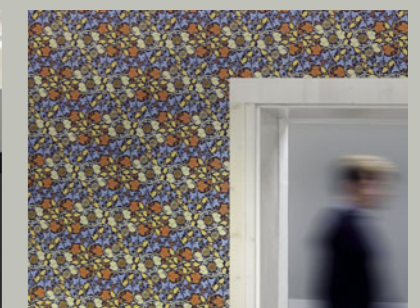
Marburger Tapetenfabrik,  
Kirchhain; Ullrich Eitel  
► [www.marburg.com](http://www.marburg.com)



6



7



8

# Research Nr. 10 | Glaspalast auf dem Prüfstand | Historische Gewächshäuser wie das Große Tropenhaus in Berlin-Dahlem stellen ungewöhnliche Anforderungen an die Sanierung. Das Berliner Büro Haas entwickelte eine beheizte Fassade, die Kondensation verhindert. Glas Trösch konzipierte dazu eine wärmedämmende UV-durchlässige Hülle.

Das Tropenhaus im Botanischen Garten Berlin erregte 1907 allein durch die Größe und die Konstruktion Aufsehen – bis heute ist es das größte stützenfreie Gewächshaus Europas. Hundert Jahre später wurde der monumentale Bau mit dem Ziel einer langfristigen Lösung saniert: Eine kombinierte Strategie sollte umgesetzt werden, die den Anforderungen an Nutzung, Energieverbrauch und Denkmalschutz genügt. Die originale Gliederung der Fassade, in der Nachkriegszeit bereits einmal verändert, war kleinteilig. In Feldern von zwei auf zwei Metern Größe waren jeweils 20 Scheiben untergebracht. In den 60er Jahren wurden sie gegen je zwei gewölbte Acrylglasfelder ausgetauscht. Diese ließen zu viel Wärme und zu wenig Licht hindurch, außerdem wurden sie mit der Zeit spröde und veralgten.

Das Berliner Büro Haas plante seit 2007 einen kompletten Austausch der Fassade, bei der das stählerne Tragwerk stehen blieb, saniert und verstärkt wurde. Die neue Glasfassade ist zehnmal schwerer als die alte – ein Tribut an den Fortschritt. Ästhetisch kommt sie mit ihrer Neunteilung der Felder dem Original so nahe wie möglich. Eine besondere Schwierigkeit war, dass die Fassade auch als Heizung funktionieren muss. Das Innere der Fenstersprossen wird auf 7300 Metern Gesamtlänge von 36 Grad warmem Wasser durchströmt. Das verhindert die Bildung von Kondenswasser selbst bei 80 Prozent Luftfeuchtigkeit – auch bei Außentemperaturen unter minus 15 Grad, wie sich vergangenen Winter zeigte. Marktgängige Gläser konnten die zum Teil gegensätzlichen Forderungen nicht erfüllen. Glas Trösch entwickelte eine Kombination aus Glas, Folie und Beschichtung, deren Basis ein reflektionsarmes, nicht grünstichiges Isolierglas bildet. Im Überkopfbereich mussten die Scheiben als Verbundsicherheitsglas ausgeführt werden. Dieses besitzt üblicherweise eine Zwischenlage aus PVB-Folie, die wegen ihrer UV-Empfindlichkeit einen Filter besitzt. Da UV-Licht für ein natürliches Pflanzenwachstum unverzichtbar ist, war der Standard auch hier nicht geeignet: Eine extrem feste, UV-stabile Folie der Firma Dupont kam zum Einsatz, die für Hurrikangebiete entwickelt worden war. Alle Sanierungsmaßnahmen trugen dazu bei, dass der Energiebedarf der Halle um die Hälfte gesenkt werden konnte. *Heiko Haberle*



1

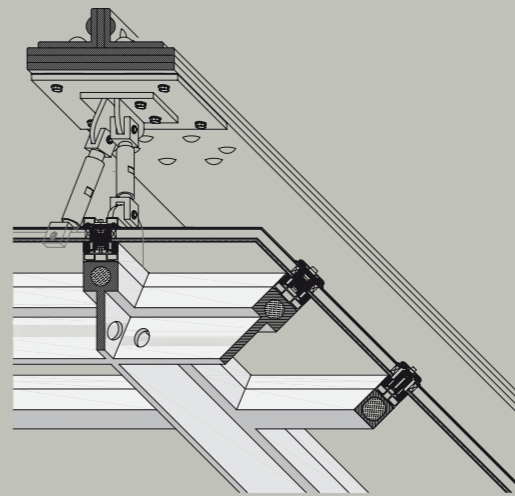
**Architekten**  
Haas Architekten BDA, Berlin

**Statik**  
Ingenieurbüro Fink, Berlin;  
TGA-Planung Ingenieurbüro  
Dittrich, Waren (Müritz)

**Bauphysik**  
Ingenieurbüro CRP, Berlin

**Fassadenbau**  
Radeburger Fensterbau GmbH  
► www.rf-fassaden.de

**Glas**  
Glas Trösch Beratungs GmbH  
► www.glastroesch.de



4



2



3



5



6



7



8



9



10

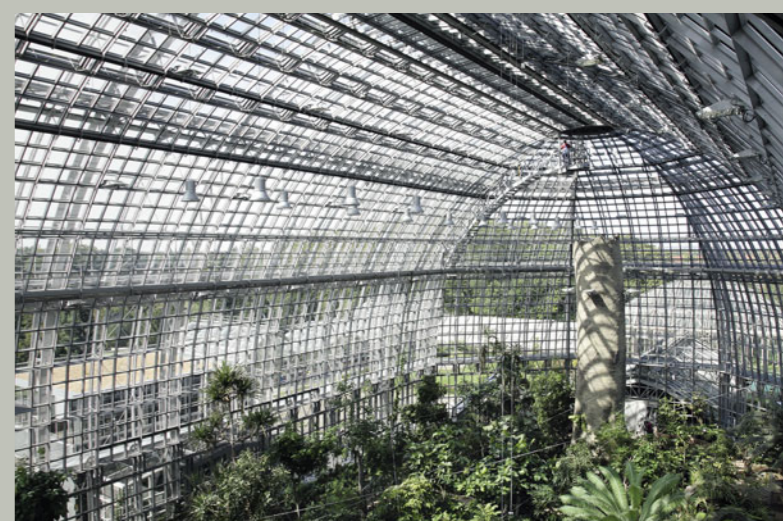


11

1 | 2 | Die neue Fassade ist kleinteiliger als die Nachkriegslösung, jedoch nicht ganz so feingliedrig wie die Urfassung.  
3 | In den 60er Jahren wurden große Acrylglasfelder eingesetzt.  
4 | In den Hohlprofilen der Fenstersprossen verlaufen die Rohrleitungen der Fassadenheizung. Von der Glaslage ist sie thermisch getrennt.  
5 | 6 | Das außen liegende Tragwerk ermöglichte den kompletten Austausch der Fassade.  
7 | An der Hochschule München musste das neue Ver-

bundglas verschiedene Belastungstests überstehen wie zum Beispiel einen Kugelabwurf auf bereits vorgeschädigtes Material.  
8 | Nach zwei Stunden in kochendem Wasser erweist sich die Haltbarkeit der Verbundwirkung. Alterungsprozesse werden so unter Feuchte- und Wärmeeinfluss simuliert.  
9 | Durch Pendelschlag werden Aufpralllasten simuliert.  
10 | Im Idealfall geht die Transparenz nicht verloren.  
11 | Die Verbundfolie ist vor dem Laminieren matt.  
12 | Der Mangel an baulicher Speichermasse wird durch eine in ihrer Größe ungewöhn-

liche Wärmerückgewinnungsanlage mit dem Phase-Change-Material (PCM) Paraffin kompensiert. Nicht besonders überzeugend geriet die Tarnung dieser Speichertürme als überdimensionale Baumstümpfe.  
  
Fotos: Haas Architekten;  
1 | Stephan Falk; 7-11 | Labor für Stahl- und Leichtmetallbau, Hochschule München;  
12 | Martin Mai



12

**Research Nr. 11 | Die simulierte Lichtdecke** | Der Hof des umgebauten Dresdener Albertinums ist auf wundersame Weise hell. Dabei ist er fast völlig überbaut. Mit Hilfe einer speziellen Folie realisierte der Architekt Volker Staab zusammen mit der Firma Lindner eine Lichtdecke, die keine ist. Sie wird nicht hinterleuchtet, sondern angestrahlt.

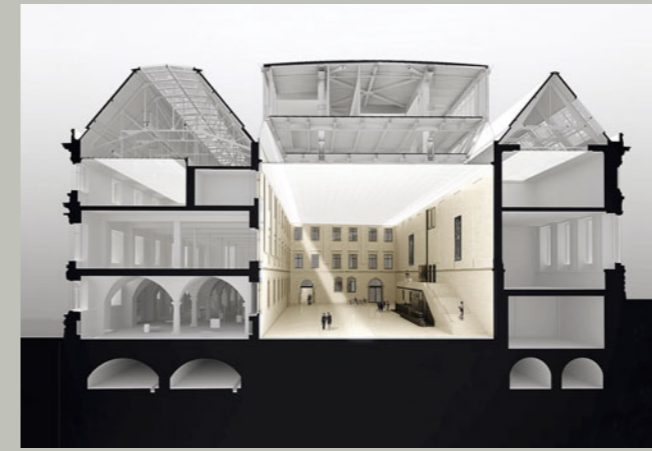
Als Antwort auf das Elbehochwasser von 2002 hat Volker Staab die Depots des Albertinums in einer gewaltigen Brückenkonstruktion über dem Innenhof untergebracht (Bauwelt 25). Um die Schwere der Konstruktion zu mildern, sollte die Untersicht eine Lichtdecke erhalten. Eine gleichmäßige Hinterleuchtung wäre auf den 1600 Quadratmetern aber nur mit enorm vielen Lichtquellen oder einer großen Konstruktionshöhe möglich gewesen. Der Einsatz von Glas hätte die Brücke zusätzlich beschwert. Im Übrigen war das Budget knapp, so dass auch Polycarbonatplatten ausschieden. Staab entschied sich für eine mit der Firma Lindner entwickelte Spanndecke aus einer einen Viertel Millimeter starken PVC-Folie, die aus der Halle angestrahlt wird. Weil die Decke akustisch wirksam sein musste, war eine Folie mit Mikroperforierung nötig, deren 10.000 Löcher pro Quadratdezimeter 92% des auftreffenden Schalls schlucken. (Derzeit besitzt kein anderes Material einen höheren Absorptionswert.)

Mit den Planern des Büros „Lichtvision“ musste das richtige Zusammenspiel aus Material, Lichtfarbe und Reflexion gefunden werden. Schließlich wollte man nicht bloß eine weiße Fläche beleuchten, sondern eine „Lichtdecke“ mit Tiefenwirkung und weichem Helligkeitsverlauf – aber ohne Schatten durch die Unterkonstruktion – simulieren. Möglich wurde dies durch einen zweischichtigen Aufbau mit einer Reflexionsfläche hinter der transluzenten Folie. Welche Schicht aber ist für den allgemeinen Helligkeitseindruck ausschlaggebend? Erste Versuche ließen einen silbernen Hintergrund als zu reflexionsstark erscheinen. Vor Ort jedoch war das Ergebnis, zumindest unbeleuchtet, viel zu dunkel. Mit weiß kaschierter Mineralwolle – sie dämmt die Fußbodenheizung des Depots – konnte stattdessen acht Zentimeter hinter der Folie ein glatter, heller Hintergrund hergestellt werden. Anschließend wurden vier Folien, die sich durch ihren Weißanteil unterschieden, auf ihre Transparenz überprüft. Die Variante mit 12% Weiß eignete sich am besten.

Erste Bedenken, trotz aller Maßnahmen könnte es unter der Brücke zu dunkel werden, erwiesen sich bei der Eröffnung als unbegründet. Im Gegenteil: Die zusätzlichen Strahler der „Lichtdecke“ blieben abgeschaltet. Es war einfach zu hell. *Heiko Haberle*



1



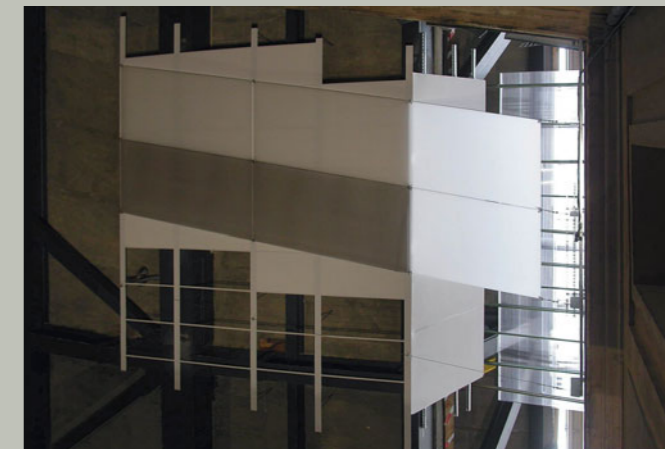
2



3



4



5



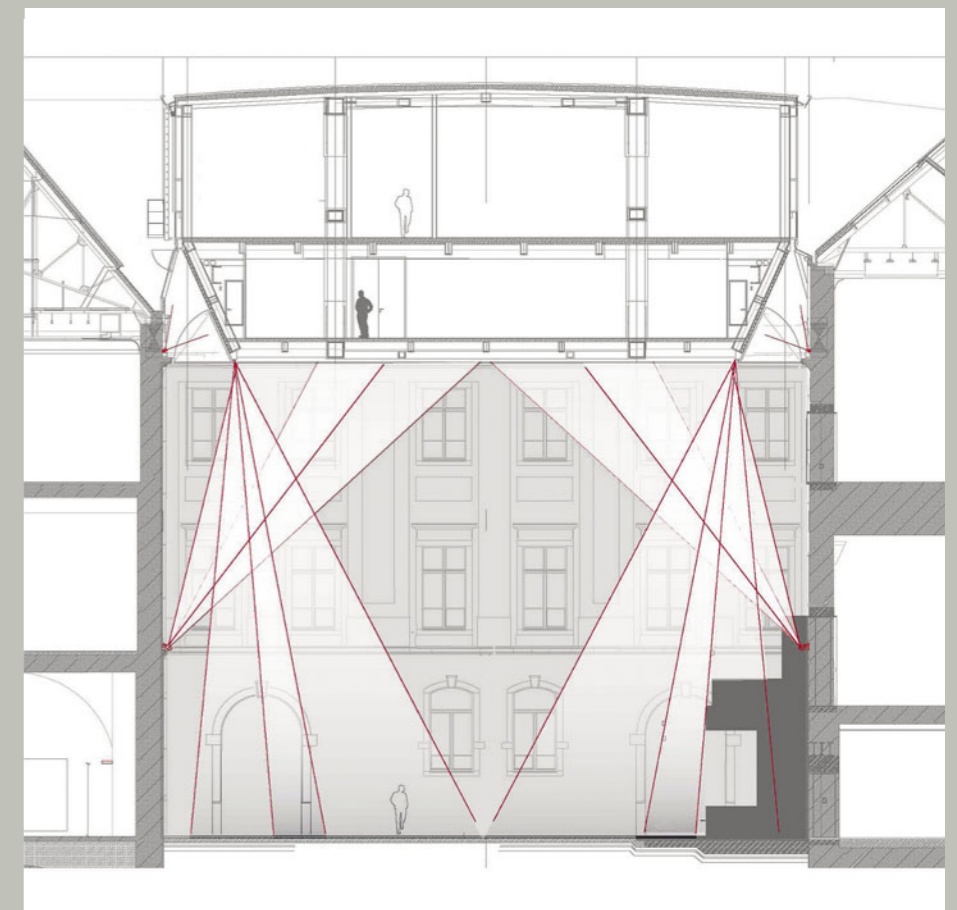
6

**Architekten**  
Staab Architekten, Berlin

**Projektleiter**  
Juergen Rustler

**Decke**  
Lindner AG, Arnstorf  
► [www.lindner.ag](http://www.lindner.ag)

**Lichtplanung**  
Lichtvision, Berlin  
► [www.lichtvision.de](http://www.lichtvision.de)



7

1 | Das zweifache Durchtreten des Lichts durch die Folie verursacht ein mattes Streulicht. 2 | Nur durch Schlitze an den Längsseiten fällt Tageslicht ein. 3 | Vor Einbau der Folie herrschte regelrecht Dunkelheit. 4 | Die Folienfelder sind 1,25 m x 2,25 m groß und haben die Form von Parallelogrammen, da sie sich am Hofgrundriss orientieren. Die seitlichen Felder sind aufklappbar. 5 | Bemusterungen mit jeweils der gleichen Folie vor weißem oder silbernem Hintergrund ergaben gravierende Unterschiede. 6 | Im Detail erscheint der optische Unterschied der Folie im Tageslichtbereich (oben) und an der weiß hinterlegten Untersicht minimal, für den Gesamteindruck ist er jedoch entscheidend. 7 | Die Anstrahlung der Decke erfolgt von den Seitenfassaden; die Raumbeleuchtung aus zwei Lichtkanälen zwischen Tageslichtstreifen und Untersicht.

Fotos: 1 | Werner Huthmacher; 2 | Staab Architekten; 3 | Rüdiger Verwanger; 4 | Marcus Ebener; 5, 6, 7 | Lichtvision

## Research Nr. 12 | Vollflächige Stromfassade | Das zweite Solarhaus der TU Darmstadt gewann 2009 den Solar Decathlon, obwohl es nicht gezielt zur Sonne ausgerichtet wurde. Solar Würth fertigte dazu Dünnschichtmodule in Sonderformaten. Fast hätten die US-Baunormen ein Projekt vereitelt, das mit seiner Fassade Maßstäbe gesetzt hat.

Kann eine solar bestückte Hausfassade ausreichend Energie erzeugen, ohne die Module wie aufgestellte Ohren in Richtung Sonne zu drehen? Diese Fragestellung, mit der Studierende der TU Darmstadt die Planung ihres Hauses für den Solar Decathlon 2009 in Washington (Bauwelt 46.09) begannen, widersprach eigentlich einem Grundprinzip des solaren Bauens: der gezielten Ausrichtung zur Sonne. Im Vordergrund des Entwurfs stand aber die Idee einer einheitlich gestalteten Hülle, anstatt die Module dem Haus bloß additiv hinzuzufügen, wie es beim diesjährigen Decathlon leider wieder zu beobachten war (Bauwelt 28.10). Diese Fassade lohnt deshalb im Rückblick noch einmal zu einer genaueren Betrachtung. Das Prinzip des Darmstädter Hauses bestand darin, mit High-Tech-Modulen die hinterlüftete Schindelfassade zeitgemäß zu interpretieren – die Überlappung der Schindeln erlaubte zudem, sich nicht auf Produktmaße festlegen zu müssen. Als ideal erwiesen sich die schwarzen CIS-Module (statt Silizium wird eine Verbindung aus Kupfer, Indium und Selen eingesetzt). Diese gewähren auch bei vertikaler Anbringung, bedecktem Himmel und teilweiser Verschattung genügend Eintrag: Die CIS-Zellen sind in der Ganzjahresbilanz herkömmlichen Siliziumzellen oft überlegen, obwohl ihre Energieausbeute an sich geringer ist. Schindeln im CIS-Standardformat von Würth Solar von 120 x 60 cm erschienen den Architekturstudenten nicht filigran genug, durch Halbierung entstanden 30 Zentimeter breite Streifen.

Die amerikanischen Decathlon-Veranstalter verlangten dann allerdings noch Nachweise zur Bruchsicherheit bei einem „Ganzkörperanprall“ durch Besucher. Entscheidend bei den in Deutschland durchgeführten Pendelschlagtests nach US-Norm war, dass die zehn größten herabfallenden Bruchstücke zusammen nicht größer als 65 cm<sup>2</sup> waren und das Glas nicht durchgeschlagen werden konnte. Damit waren die Probleme noch nicht vorbei, weil in den USA generell mit niedrigeren Spannungen operiert werden muss. Gelöst wurde dies, indem alle 250 Module separat geschaltet wurden; inklusive 250 Sicherungen und vier Kilometer Kabel. Viel Aufwand. Die Darmstädter siegten dann auch deshalb, weil das häufig trübe Wetter in Washington ihrem Solarkonzept entgegenkam. *Heiko Haberle*



1

1 | Zwischen die schwarzen „Solarschindeln“ wurden farbige Acrylglasplatten eingestreut.

2 | Das Kupfer-Indium-Selenid wird in einem Vakuum auf ein Trägerglas gedampft. Weil es zusammen mit den Kontaktschichten ein nur 4 µm dickes Substrat bildet, wird von einer Dünnschichtzelle gesprochen. Eine Folie schließt das Substrat zur äußeren Scheibe ab.

3 | Unter simuliertem Tageslicht wird der Energieeintrag überprüft.

4 | 5 | Die studentische Handarbeit beim Aufbau steht im Gegensatz zur hoch automatisierten Fertigung der Module, etwa beim Laminieren.

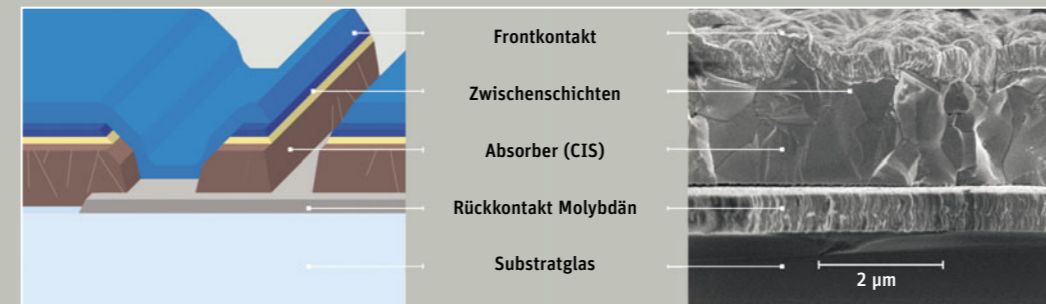
6 | Beim Bruchtest wurden die Testmodule zwar zerstört, fielen jedoch nicht aus der Fassade. Die Bruchstücke stammen von der Rückseite.

7 | Die Fassade wurde bereits

vor dem Zusammenbau des Hauses installiert.

8 | Tournee nach dem Wettbewerbsgewinn: Bis vor kurzem stand der Vorzeige-Prototyp auf dem Essener Burgplatz. Derzeit wird er auf dem Darmstädter Campus aufgebaut.

Fotos: 1, 4, 7 | Thomas Ott, TU Darmstadt; 2, 3, 5 | Würth Solar; 6 | TU Darmstadt; 8 | Stadtbildstelle Essen



2



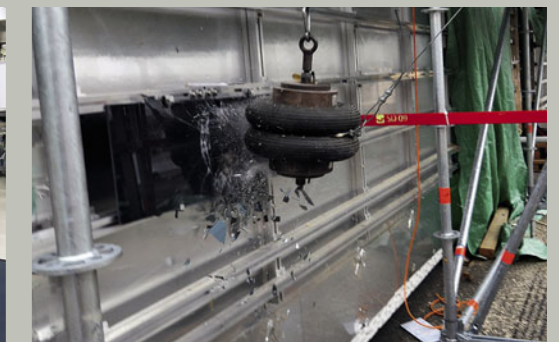
3



4



5



6



7



8

### Architektur

TU Darmstadt, Fachbereich Architektur, Fachgebiet Entwerfen und Energieeffizientes Bauen, Prof. Manfred Hegger

### Betreuer

Johanna Henrich, Jörg Wollenweber, Martin Zeumer, Hans Drexler, Caroline Fafflok

### Entwurf Fassade

Franziska Hartmann, Tabea Huth, Max Kolbe, Frauke Rottschy, Christian Wagner

### Solarmodule

Würth Solar, Schwäbisch Hall  
 ▶ [www.wuerth-solar.de](http://www.wuerth-solar.de)

**Research Nr. 13 | Gläserne Seifenblasen |** Die Elbphilharmonie nimmt auch im Fassadenbereich ihre kristalline Gestalt an. Die gewellte Glasfassade der Firma Gartner wurde speziell bedruckt, um den Schiffsradar nicht zu irritieren. Viele der 2200 Elemente wirken so, als seien sie nach dem Erkalten der Gläser noch einmal heiß geworden.

Herzog & de Meuron stellen sich ihre Elbphilharmonie „geschlitzt, modelliert und aufgeschnitten“ vor. Durch Verformungen verursachte Reflexionen und Verzerrungen sollen das zerklüftete Volumen auf dem soliden Backsteinsockel lebendig erscheinen lassen. Dafür entwickelten die Architekten mit der Firma Gartner eine Elementfassade mit teils ebenen, teils gewölbten Gläsern: Für den Hotelbereich etwa kommen Scheiben zum Einsatz, die an einer Kante aus der Ebene herausgezogen sind, als hätten sie sich aufgebläht. Umgekehrt geformt und eingebaut entsteht eine „eingedrückte“ Scheibe. Die Wohnungen erhalten eine Loggia mit herausgestülpter U-förmiger Öffnung, die durch die Kombination zweier Scheiben mit bogenförmig abgeschnittener Ecke entsteht. Weil aber keine spiegelgleichen Scheiben kombiniert werden, entstehen asymmetrische Öffnungen.

Was zunächst so aussieht, als sei die Glasfassade ähnlich einer Tafel Schokolade wieder flüssig geworden, entspricht überraschend genau der Herstellung mit der so genannten Schwerkraftverformung. Dazu wird eine bereits fertige (plane) Verbundglasscheibe auf einer Negativform der beabsichtigten Wölbung platziert. Im Ofen wird die Scheibe angeschmolzen und sinkt dabei durch ihr Eigengewicht in die Form. Das ist heikel, denn die Scheibe ist ein echtes Hightech-Produkt mit einer grauen Punktbedruckung, einer Chromspiegelbedruckung, die den Energiedurchlass optimiert und nebenbei Reflexionen der Schiffsradare mindert und ist großteils wärme- und sonnenschutzbeschichtet. Damit das Glaselement nicht beschädigt wird, unterliegen Dauer und Temperatur der Verformung sowie die Auskühlbedingungen genau kontrollierten Bedingungen, die allerdings geheim gehalten werden. Problematisch ist, dass sich beim Absinken einer Kante in die Form die Scheibe insgesamt verzieht. Daher muss die Ausgangsscheibe nicht exakt rechteckig, sondern leicht verzerrt zugeschnitten sein, so dass sich die Kanten erst durch die Verformung „geradeziehen“.

Der Wechsel von planen und konvex oder konkav gewölbten Scheiben irritiert bereits manche Besucher: Dunkle Flecken an den Wölbungen – verzerrte Spiegelungen der Philharmonie selber – werden als „Löcher in der Fassade“ interpretiert. *Heiko Haberte*



1

**Architektur**  
Herzog & de Meuron, Basel

**Fassade**  
Josef Gartner GmbH,  
Gundelfingen  
► www.josef-gartner.de

**Glas**  
Interpane Glas Industrie AG,  
Plattling  
► www.interpane.com

**Bedruckung**  
BGT – Bischoff Glastechnik AG,  
Bretten  
► www.bgt-bretten.de



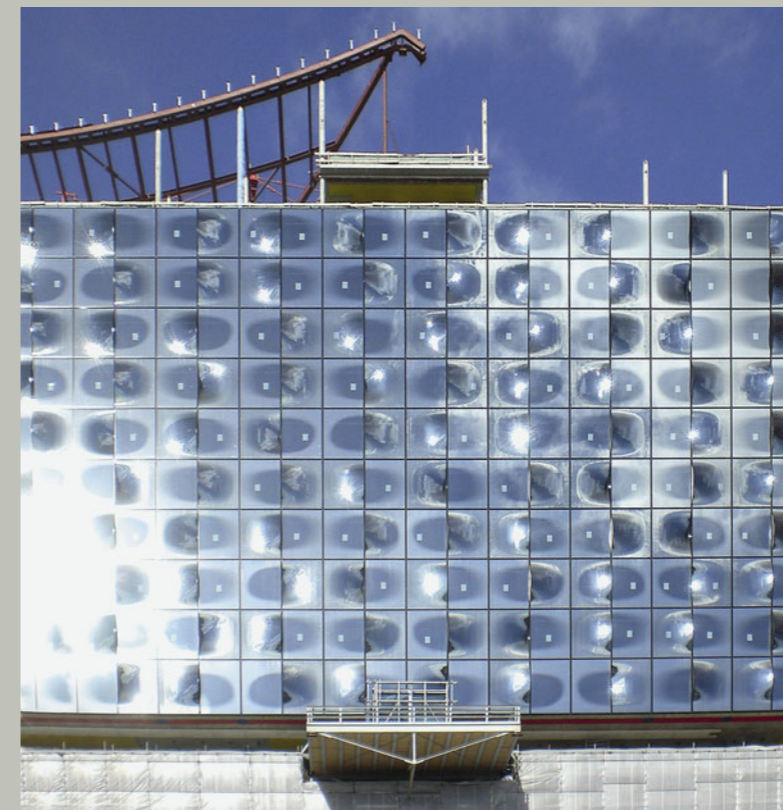
2



3



4



5

1 | Als hätte man in eine Seifenhaut eine Öffnung gezogen: Die Loggien-Elemente für die Wohnungen der Elbphilharmonie. Ein der gewölbten Scheibe nachgeformtes Element aus glasfaserverstärktem Kunststoff dient als Brüstung für die Loggienöffnung.

2 | Weil immer eine gewölbte und eine plane Scheibe kombiniert werden, entsteht eine senkrecht zur Fassade ste-

hende Fläche für einen Öffnungsflügel.

3 | Im Vordergrund folgt auf eine plane eine nach innen, und dann eine nach außen gewölbte Scheibe. Erkennbar ist die Punktbedruckung, die sich zu einem elliptischen Mittelbereich hin auflöst.

4 | Mit einem Flugzeugtriebwerk und einer Beregnungsanlage wurde ein Orkan simuliert: Bei 150 km/h Windgeschwindigkeit gaben die

Scheiben zwar um 12 mm nach, die Fassade blieb aber intakt und wasserdicht.

5 | An der fast fertigen Fassade wird das Spiel aus Reflexionen, Verzerrungen und Spiegelungen deutlich. Die Bedruckung betont die Wölbungen.

Fotos: 1 | Christian Schittich @ Redaktion Detail; 2, 3, 4 | Stephan Liebl, Dillingen; 5 | Werkfoto Gartner.

**Research Nr. 14 | Monolithen aus einem Guss |** Mit ihrer Ergänzung am Berliner Naturkundemuseum betreten Diener & Diener Neuland, nicht nur in Bezug auf die Rekonstruktionsdebatte, sondern auch bautechnisch: Die Firma Allton goss Fassadenfelder als Beton-Fertigteile nach – in einer riesigen Matrize, die am Bestand abgeformt wurde.

Nach mehr als sechs Jahrzehnten Ruinenzustand wurde der im Krieg teilzerstörte Ostflügel des Berliner Naturkundemuseums wieder instand gesetzt; im September war die Eröffnung. Die Räume dieses Flügels dienen der Lagerung von tageslichtempfindlichen Präparaten; mehr als eine Million Nasspräparate, Fische und Reptilien, sind hier in unzähligen Glasgefäßen und Zehntausenden Litern Alkohol gelagert.

Große Teile der Fassade waren zerstört und mussten wieder aufgebaut werden. Das Verfahren dieses „Wiederaufbaus“ ist ungewöhnlich. Die intakten Fenster wurden vermauert und die kriegsbedingten Lücken in der Fassade mit in Beton gegossenen Abbildern des Originalzustands geschlossen. Dass es sich hierbei um bis zu 30 Quadratmeter große Fertigteile, inklusive Fugen, Gesimse, Fenstersprossen und Schmuck, handelt, ist kaum erkennbar – nur die ungewohnt blassgraue Farbe sticht ins Auge. Für die Vorlage dieses Abgusses wurde eine gut erhaltene Fassadenachse auf der Nordseite gesäubert, Fugen wurden ausgebessert und beschädigte Ziegel ersetzt. Ästhetisches Ziel dieser Matrix war ein präzises, aber neutral wirkendes Bauteil. Trennungsmittel wurde eingespritzt, bevor der Aufbau der Schalung erfolgte. Um gleiche Fließbedingungen zu gewährleisten, musste die Schalung den Sprüngen der Fassade genau folgen.

Die Architekten legten Wert auf die exakte Wiedergabe der alten Fassade; die Abgüsse sollten das Original weder begradien noch perfektionieren. Die Schalung wurde im Werk von Allton liegend aufgebaut; auf ihr ruht die Matrize. 42 Tonnen Beton musste das Ganze standhalten – so viel wiegt das größte Fensterfeld. Vor dem Gießen wurde nach der richtigen Betonrezeptur gesucht, die Sichtbetonqualität aufweist, aber auch flüssig genug ist, um Rücksprünge und Hinterschneidungen auszufüllen – also für die Fläche wie für das Ornament gleichermaßen geeignet ist. Es ist dieser irritierende Widerspruch zwischen Maßstab, Material und Fertigung, der den Abguss einzigartig macht: Einerseits gibt es ein riesiges, monochromes Gussteil, andererseits kleinteilige Details, die auf additives Arbeiten hindeuten. Bei Diener & Diener entstammt alles demselben Arbeitsprozess und ist abgestimmt auf die Produktion eines industriell hergestellten Monolithen. *Heiko Haberle*



1



2



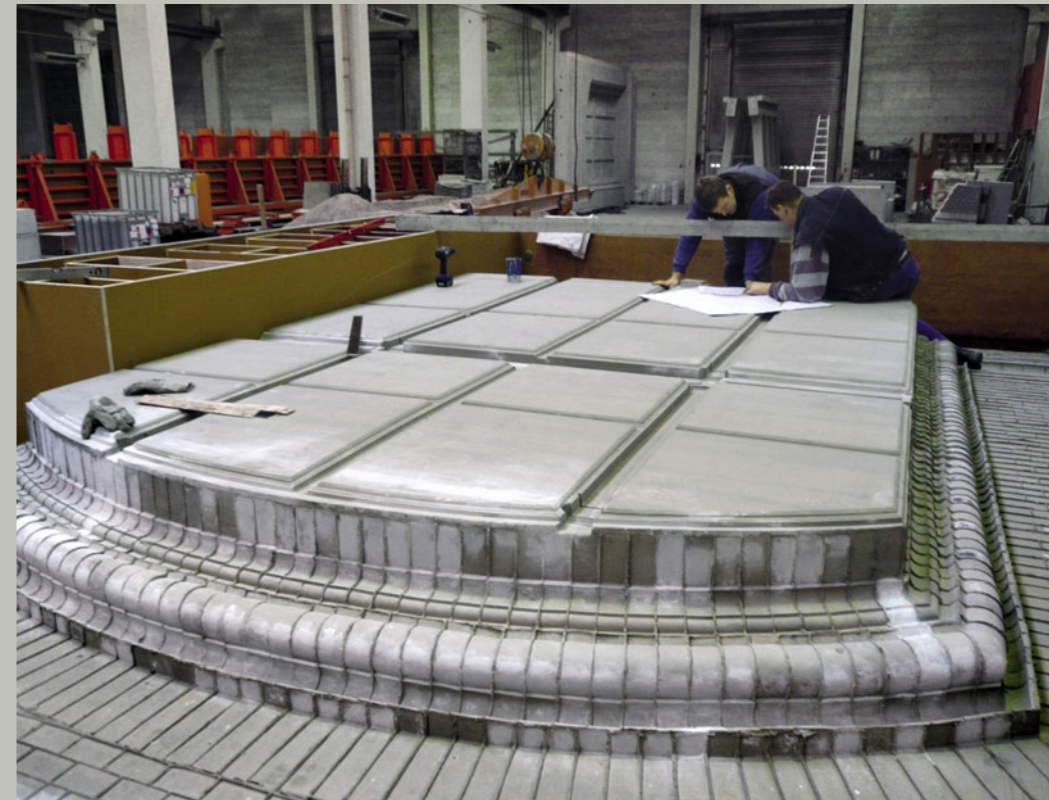
3

**Architektur**  
Diener & Diener Architekten,  
Berlin

**Bauüberwachung**  
Busse & Partner, Berlin

**Beton**  
Allton Fertigteile GmbH,  
Hennigsdorf  
► [www.allton-online.de](http://www.allton-online.de)

**.de** Sehen Sie auf [Bauwelt.de](http://Bauwelt.de) | „Große Abdrücke, von Diener bis Whiteread“ – Betongussteile in Kunst und Architektur



4



5



6

1 | Die Fassade besteht aus neun Typen von Fertigteilen.  
2 | 3 | Die Pilaster und Pilasterköpfe entstanden mit Hilfe von separaten Matrizen.  
4 | Da die Matrize ein millimetergenaues Abbild liefern sollte und bis zu 42 Tonnen Beton auf ihr lasten, musste sie auf der unter ihr liegenden Originalschalung exakt gelagert werden (diese Schalung ist im Bild nicht zu sehen).  
5 | 6 | Die Fenstersprossen verweisen auf einen nicht

mehr existierenden Zustand, da die Öffnungen am Bestand später vermauert wurden.  
7 | Die Ruine des Ostflügels vor der Sanierung.  
8 | Wo noch ein Teil des originalen Fassadenfeldes vorhanden ist, wurde die Matrize entsprechend abgeteilt und nur der fehlende Bereich nachgegossen.

Fotos: Diener & Diener Architekten; 6 | 7 | Carola Radke, Museum für Naturkunde; 8 | Christian Richters



7

8