

Das Museum Reinhard Ernst

Wenn Beton schwebt

Das Museum Reinhard Ernst (mre) in Wiesbaden beherbergt mit knapp 1000 Gemälden und Skulpturen abstrakter Kunst die Sammlung des Unternehmers und Stifters Reinhard Ernst. Das Gebäude geht auf den Entwurf und die Planung des kürzlich verstorbenen japanischen Pritzker-Preisträgers Fumihiko Maki zurück. Es ist das zehnte Museum des Architekten und sein einziges in Europa. Mit der Umsetzung des Vorhabens wurde das Frankfurter Architekturbüro schneider + schumacher beauftragt, Bollinger + Grohmann waren für die Tragwerksplanung zuständig. Ein vollverglaster Eingangsbereich und ein nach oben offenes Atrium lassen das Innere des Gebäudes hell und einladend erscheinen. Die hohen Decken und breiten Wände bieten den teils großformatigen Kunstwerken auf rund 2500 m² Ausstellungsfläche viel Platz und Raum. Im Juni 2024 nahm das Museum seinen Ausstellungsbetrieb auf. Der Neubau wurde zu großen Teilen in Ortbetonbauweise ausgeführt. Das Tragwerkskonzept zeichnet sich durch einige Besonderheiten aus, die den hohen Ausstellungsräumen mit einer Regelspannweite von über 12 m und den Rücksprüngen des Gebäudes auf der Süd- und Nordwestseite sowie zum Atrium geschuldet sind.

Stichworte Cobiax; Einbauteile; Wandartige Träger; Auftriebssicherheit; Baubehelfe; auskragende Bauteile; Stahlverbundbau

1 Einführung

Die Kunstsammlung Reinhard Ernst zeigt abstrakte Kunst aus Deutschland, Japan und den USA nach 1945 bis heute. Dem Stifter ging es von Beginn an auch darum, seine Sammlung der Öffentlichkeit zugänglich machen zu können. Vor dem Hintergrund der Vielzahl seiner gesammelten Werke, von denen einige mit mehr als 4 m Breite und mehr als 3 m Höhe viel Platz notwendig machen, und dem Wunsch, auch Einfluss auf die Auswahl und das Kuratieren seiner Werke nehmen zu können, entstand die Idee eines eigenen Museums Reinhard Ernst. Bei der Suche nach einem geeigneten Grundstück stieß der Wahl-Wiesbadener auf das freigewordene Grundstück im Herzen Wiesbadens direkt gegenüber dem Landesmuseum, welches er nach einem positiven Bürgerentscheid 2017 schließlich über die Stadt per Erbbaurecht erwerben konnte. Mit dem Entwurf des Museums wurde der japanische Architekt Fumihiko Maki beauftragt, mit dem Reinhard Ernst nach eigener Aussage viele Jahre befreundet war. In seiner äußeren Gestalt nimmt das Museum, von den Wiesbadener:innen wegen seiner leuchtend

Museum Reinhard Ernst – When concrete floats

The foundation-funded Museum Reinhard Ernst (mre) in Wiesbaden houses the collection of entrepreneur and benefactor Reinhard Ernst. It contains nearly 1000 works and sculptures of abstract art. The building was designed by the recently deceased Japanese Pritzker Prize winner, Fumihiko Maki. This museum is the architect's tenth and his only one in Europe. The Frankfurt architecture firm schneider + schumacher were commissioned to realise the project, and Bollinger + Grohmann were in charge of structural engineering. The building has a fully glazed entrance area and an open-plan atrium, creating a bright and inviting interior. With high ceilings and wide walls, there is plenty of space to display large works of art in the 2500 m² exhibition area. The museum opened for exhibitions in June 2024. The new building was primarily constructed using in-situ concrete. The structural design is characterised by several special features, including the high exhibition rooms with a standard span of over 12 m and the building's recesses on the south and north-west sides and towards the atrium.

Keywords Cobiax; steel embedded components; wall-like beams; buoyancy safety; construction aids; cantilevered components; steel composite construction

weißen Granitverkleidung „Zuckerwürfel“ genannt, die Linien und Kanten der umliegenden Gebäude auf. Gleichzeitig markiert der Bau entlang der Wilhelmstraße und Rheinstraße wieder den „Eingang“ zur Wilhelmstraße, so wie vor dem Zweiten Weltkrieg das an dieser Stelle stehende Grand Hotel „Victoria“.

2 Architektur

Das Museum besitzt einen rechteckigen Grundriss mit den Außenabmessungen von ca. 46 m × 65 m. Die Traufhöhe von 20 m orientiert sich ebenfalls an der Umgebung. Das Untergeschoss erreicht eine Tiefe von 8,5 m. Der Haupteingang für die Besucher des Museums ist fußläufig über eine Freitreppe bzw. barrierefrei über eine Rampe an der Wilhelmstraße erreichbar (Bild 1). Der dreigeschossige Gebäudekörper beherbergt im Wesentlichen in den oberen Geschossen die für ein Museum notwendigen introvertierten Räume. Hohe Decken und breite Wände kennzeichnen die Ausstellungsbereiche, was den teils großformatigen Kunstwerken auf rund 2500 Quadratme-



Bild 1 Das Museum an der Wilhelmstraße nach seiner Fertigstellung in 2024 (Quelle: Reinhard & Sonja Ernst-Stiftung, Museum Reinhard Ernst, Foto: Helbig Marburger)
The museum on Wilhelmstrasse after its completion in 2024

schoss zur Wilhelmstraße, so entsteht ein fließender Übergang zwischen Straßenraum und Foyer. Das Erdgeschoss mit seinem Eingangsbereich besticht durch ein vollverglastes, nach oben offenes Atrium, durch das Tageslicht ungehindert ins Gebäude fallen kann. Der Innenhof dient optisch als Ruhepol. Der Übergang zwischen der Erschließungszone um den Innenhof wird durch keinerlei Tragstruktur gestört, sodass sich der fließende Charakter von Straßenraum über das Foyer auch hier mühelos fortsetzt (Bild 2). Auffallend ist der unterschiedliche Raumrhythmus des Gebäudes: Jeder Ausstellungsraum ist verschieden hoch und besitzt eigene Dimensionen. Der größte Raum misst rund 340m², der höchste Raum erreicht eine Höhe von 14m. Die schlichten, mit weißem Granitstein verkleideten Kuben mit 12–14m Deckenspannweiten scheinen über dem stützenfreien Erdgeschoss zu „schweben“ (Bild 3).

tern Grundfläche viel Raum schenkt. Das Museum öffnet sich über den stützenlosen Eingangsbereich im Erdge-

3 Tragwerkskonzept

3.1 Überblick

Das Tragwerkskonzept zeichnet sich durch einige Besonderheiten aus, die der oben beschriebenen Geometrie des Gebäudes mit einer Regelspannweite von über 12m und den Rücksprüngen des Gebäudes auf der Süd- und Westseite sowie zum Atrium geschuldet sind. Realisiert wurde diese besondere Herausforderung über tragende und sich kreuzende Wandscheiben, welche ihre vertikalen Lasten konzentriert in ebenso für die horizontale Aussteifung vorgesehene Wandscheiben einleiten. Für den vertikalen Lastabtrag stellen die Deckenscheiben ein wesentliches Element dar. Sie sind bereichsweise mit Hohlkörpern versehen, sodass das Eigengewicht bei zugleich zunehmender statischer Höhe reduziert werden konnte.



Bild 2 Blick auf den verglasten Innenhof (Quelle: Reinhard & Sonja Ernst-Stiftung, Museum Reinhard Ernst, Foto: Helbig Marburger)
View of the glazed inner courtyard



Bild 3 Übersicht über die Räume in EG, 1. OG und 2. OG (Quelle: B + G)
Overview of the rooms on the ground floor, 1st floor and 2nd floor

3.2 Restaurant und Ausstellungen 1 und 2

Um das Gebäude zum Straßenraum hin zu öffnen und die Gastronomie sichtbar zu machen, sollte die Wechsellagerung 2 im Erdgeschoss um 6,75m auskragen. Zwei von drei auskragenden Wandscheiben leiten dabei die Lasten direkt in die Kellerwände ab. Um einen fließenden Übergang über dem Eingangsbereich zu erreichen, konnte die innenliegende Wandscheibe jedoch nicht direkt auf den Wänden des Erdgeschosses aufliegen. Aus diesem Grund wurde ein Verbundträger eingesetzt, um die vertikalen Lasten abzufangen (Bild 4). Dieser Verbundträger übernimmt zusätzlich die Lasten der Unterzüge unter der angrenzenden Erschließungsbrücke zu Ausstellungssaal 3 und der Dachterrasse, womit der Eindruck eines schwebenden Gebäudes in der Lobby erreicht werden konnte (Bild 5).

Für die weitspannenden Regelgeschossdecken wurden keine reinen Ortbetonflachdecken verwendet, da diese angesichts ihrer großen Spannweite eine erhebliche Eigenlast mit sich gebracht hätten. Stattdessen kamen Hohlkörperdecken zum Einsatz, um das Eigengewicht zu reduzieren. Das geringere Gewicht, kombiniert mit der größeren statischen Höhe, sorgt für eine verformungsärmere Konstruktion und verringert die Beanspruchung der angrenzenden Wände, Stützen und Gründung. Ein zusätzlicher Vorteil der Hohlkörperdecke ist ihre glatte Unterseite, die eine effiziente Führung der Haustechnik möglich macht.

3.3 Museumsshop und „Kathedrale“ (Ausstellung 3)

Um einen einladenden Charakter des Gebäudes an der Gebäudeecke Wilhelmstraße/Rheinstraße zu erreichen, musste auch hier das Erdgeschoss zurückspringen. Architektonisch sollten die Kuben wahrnehmbar sein und damit einen schwebenden Charakter haben. Lineare Elemente wie Stützen hätten die kubische Form geschwächt.



Bild 5 Stahleinbauteil zur Abfangung von Lasten (Quelle: B + G)
Steel embedded components for load support

So musste der höchste Raum der Ausstellung, die Kathedrale, stützenfrei über dem Museumsshop schweben. Es wurde in Betracht gezogen, in die Ecken des Museumsshops Stützen zu stellen, diese hätten aber alle Lasten aus dem Kubus angezogen und wären damit nicht mehr „unsichtbar“ ausführbar gewesen. Weiterhin wären die Kräfte für die Decke zu groß geworden und diese hätte mit ~2m hohen Unterzügen ausgeführt werden müssen. Damit wäre das gesamte Höhengerüst des Gebäudes nicht mehr umsetzbar gewesen. Auch wurde im Laufe des Entwurfsprozesses diskutiert, ob die Konstruktion der auskragenden Teile als Stahlfachwerk ausgebildet werden könnte. Dieses hätte geringere Lasten erzeugt, aber den Ausbau wesentlich verkompliziert. Dies betraf nicht nur die Installation einer Steinfassade an einem Fachwerk sowie eine schalldichte massive Konstruktion zur Aufnahme des Straßenlärms. Auch wäre es wesentlich aufwendiger gewesen, eine doppelte Innenschale im Abstand von 50cm an ein Fachwerk anzuhängen, als eine glatte Wand aus Beton für den Innenausbau zu erstellen.

Die sogenannte Kathedrale (Ausstellung 3) ist ein quadratischer Raum mit einer lichten Spannweite von 13,27m × 13,27m. Zur Reduzierung der Deckenlasten wurden in die 50cm dicke Decke Cobiax-Elemente inte-

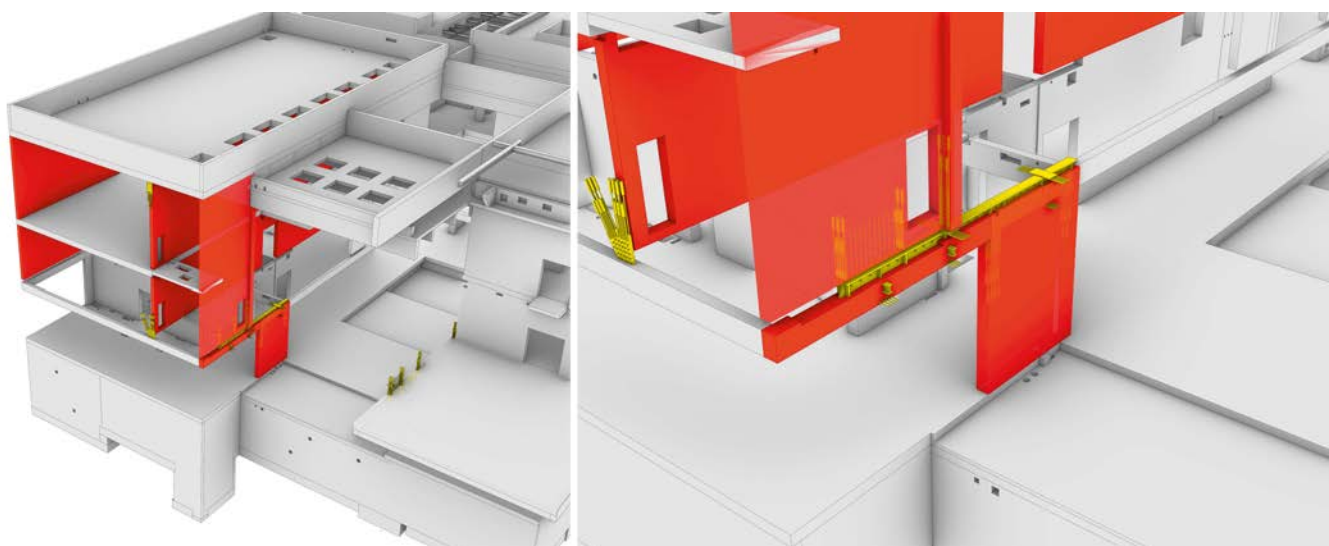


Bild 4 3D-Darstellung der auskragenden Wandscheiben (links) und des Verbundträgers (rechts) (Quelle: B + G)
3D representation of the cantilevered wall panels (left) and the composite beam (right)

griert. Durch die eingebauten Hohlkörper konnte das Eigengewicht der Decke auf 60% im Vergleich zu einer Vollbetondecke verringert werden. Die Lasten aus der allseitig gelagerten Platte werden über die Wandscheiben aufgenommen und über die seitlichen, auf der Rheinstraßenseite 13,27m auskragenden Wandscheiben abgetragen. Diese massiven Außenwände übertragen die Lasten wiederum auf die Kernwände an der Rückseite der Kathedrale und jener der Ausstellung 4 (Bild 6). Wie auf dem Rendering zu erkennen ist, verläuft die Außenwand an einer Seite nicht in voller Höhe durch, sodass durch

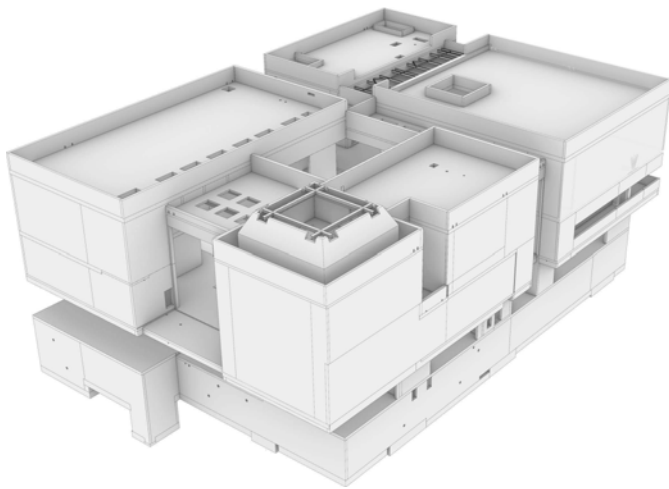


Bild 6 3D-Modell inklusive Außenwände (Quelle: B + G)
3D model including outer walls

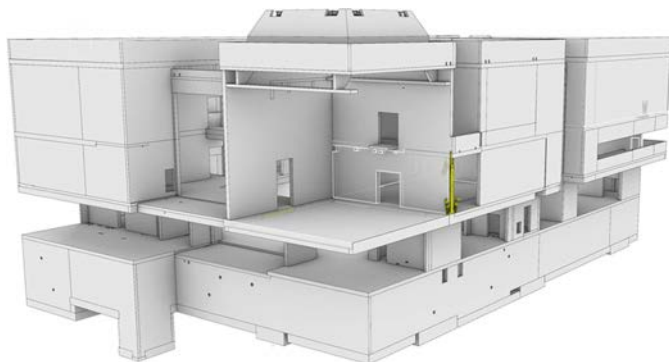


Bild 7 Stahlbauteil 1 im Modell (oben), in der Ausführung (unten)
(Quelle: B + G)
Steel mounting part 1 in model (top), during the construction (bottom)

den Einschnitt nur eine statische Höhe von 5,9m zur Abfangung der 13m großen Auskragung zur Verfügung steht. Auch ist der Rücksprung des Kernes vom 1. OG zum Erdgeschoss zu erkennen, an dem die Lasten hochgehängt werden, um dann in der Wand abgeleitet zu werden. Aufgrund der Größe der Lasten musste auch hier mit Einbauteilen gearbeitet werden (Bild 7). Unterhalb der „Kathedrale“ befindet sich wie auf der Nordseite an der Innenseite zum Eingang eine Wandscheibe, die unter der Tür zum Raum steht. Um die Lasten aus der Dachterrasse und der Wand der „Kathedrale“ aufzunehmen, musste auch hier ein Einbauteil eingesetzt werden (Bild 8).

3.4 Der Innenhof

Um den Innenhof verläuft eine Glasfassade, die von allen Seiten den Blick auf dieses zentrale Element ermöglicht. Zu diesem Zweck wurden alle Wände, die den Innenhof umgeben, hochgehängt, um die Lasten über Balken in die Kerne zu leiten. In Bild 9 erkennt man in Rosa einen langen wandartigen Träger im Dachbereich, der vom Treppenaus links des Innenhofs zum Treppenhaus rechts des Innenhofs spannt. Dieser überträgt die Lasten in die Kernwände rechts und links. Der in Gelb dargestellte wandartige Träger im Dachgeschoss hängt sich zum einen in den rosafarbenen wandartigen Träger und wird zum anderen durch den wandartigen Träger, der das Foyerdach trägt, gehalten. Der Foyerdachträger liegt auf der Wand der temporären Ausstellung bzw. der Kernwand rechts auf. Um dies zu realisieren, musste die gesamte Konstruktion bis zur Aushärtung der letzten Decke auf Gerüsten gelagert werden.

3.5 Der Vortragsraum

Im hinteren Gebäudeteil auf der Seite der Rheinstraße befindet sich der Vortragsraum mit einer Größe von 18m × 13m. Darüber befinden sich die Ausstellungsräume 7, 8 und 9. Aufgrund der Größe des Vortragsraums konnte keine gewöhnliche Decke zum Einsatz kommen. Die Decke wurde wie in der „Kathedrale“ mit Cobiax-Elementen ausgeführt, um Gewicht zu reduzieren (Bild 10). Zusätzlich wurde sie an die darüberliegende

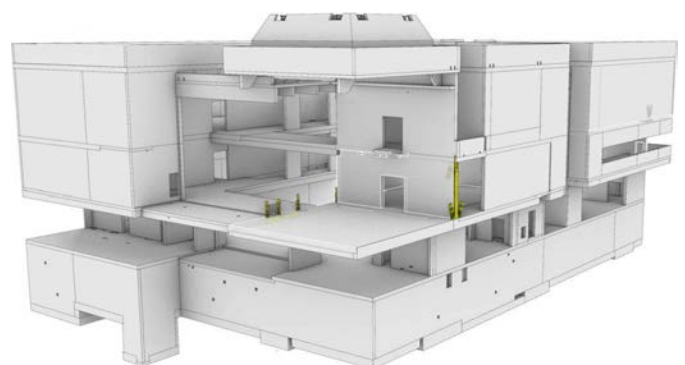


Bild 8 Stahlbauteil unter der Tür zur Kathedrale (Quelle: B + G)
Steel embedded components under the door to the cathedral



Bild 9 Abfangträger im 2. OG (gelb und rosa) zur Hochhängung der Wandscheiben (Quelle: B + G)
Support beams on the 2nd floor (yellow and pink) used to suspend the the wall panels

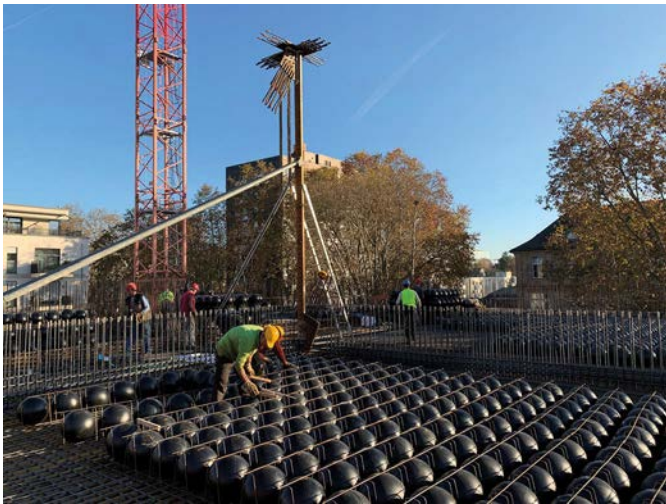


Bild 10 Decke über dem Vortragsraum mit Cobiax-Elementen und Einbauteil zur Hochhängung der Last (Quelle: B + G)
Ceiling above the lecture theatre with Cobiax-elements and built-in part for suspending the load high

nördliche Trennwand des Ausstellungsraums 7 hochhängt. Der Lastabtrag der Wandscheibe erfolgt im Westen auf einem kurzen Wandstück und im Osten auf einer kreuzenden Wand.

Darüber hinaus übernehmen die nahezu monolithischen Außenwände einen Großteil der Deckenlasten und leiten diese über Einbauteile in die inneren Wände weiter. In Bild 11 ist zu erkennen, dass die Außenwand nicht grund-

fest ist und in ihrem Verlauf ein sehr langes Fensterband besitzt. Um dennoch die Lasten aus der Außenwand abzutragen, wurde die Nordwand des Vortragsaals 7 oberhalb der Fensteröffnung an die Fassade geführt, um die Lasten der Außenwand aufzunehmen. Da der Vortragsraum auf der Südseite ebenfalls keine grundfeste Wand besitzt, wurde hier die Last aus der Fassade zur Rheinstraße, also der Südseite, abgefangen. Genau an der Stelle der Lastübertragung zwischen den Wandscheiben befindet sich eine Tür, sodass die kleine Schubfugenlänge zwischen den Übergängen keinen hohen Lastübertrag ermöglichte. An diesen Stellen wurden, um den sicheren Lastübertrag zu gewährleisten, ebenfalls Einbauteile verwendet (Bild 12).

3.6 Untergeschoss

Da sich im Keller die Lagerräume für die Kunst befinden, musste dieser als WU-Konstruktion ausgeführt werden, die zusätzlich eine Frischbetonverbundfolie erhielt. Durch das anstehende Wasser konnten Risse, die dennoch vereinzelt auftraten, detektiert und verpresst werden. Zur Minimierung von Rissen aus Temperaturspannungen während der Bauphase wurde der Keller in den Wintermonaten verschlossen und leicht beheizt.

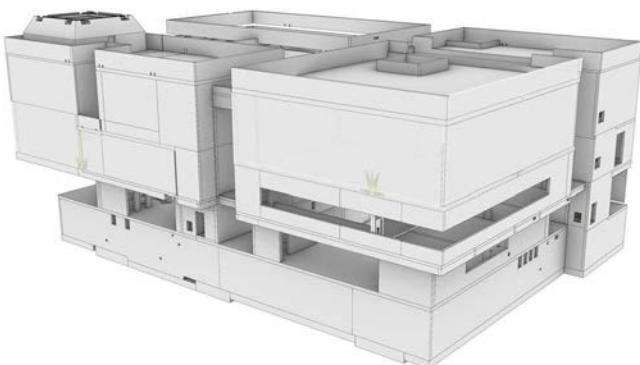


Bild 11 Fensterband in monolithischer Außenwand im Modell (links), ausgeführt (rechts) (Quelle: B + G)
Window strip in monolithic exterior wall in the model (left), and completed (right)



Bild 12 Hochhängung der Lasten Decke über dem Vortragssaal an der Rheinstraße in die Wandscheiben im OG (Quelle: B + G)
Suspension of the load ceiling above the lecture theatre on Rheinstraße through the wall panels on the upper floor

3.7 Gründung

In dem für das Bauvorhaben angefertigten Bodengutachten von BFM Baugrundinstitut Franke-Meissner wurde ein Bettungsmodul von $k_{s,k} = 6 \text{ MN/m}^3$ für die Bemessung der Bodenplatte festgestellt. Dieser Wert durfte in der statischen Berechnung umlaufend an den äußeren Rändern der Bodenplatte in einem 2m breiten Streifen von innen nach außen linear bis auf das Doppelte erhöht werden. Die geringe Steifigkeit des Baugrunds brachte große Herausforderungen mit sich. Insbesondere erschien die Abstützung der temporären Gerüste der auskragenden Gebäudeteile auf die nahegelegene Bohrpfehlwand aufgrund des niedrigen Bettungsmoduls als ausgeschlossen. Es bestand stets die Sorge, dass sich die vertikalen Lasten einzelner auskragender Baukörper bei zu starken Setzungen eher in die setzungsarme Bohrpfehlwand verlagern, anstatt von der Bodenplatte abgetragen zu werden. Bereits während der Genehmigungsphase wurden daher schon Überlegungen zu möglichen Bauzuständen angestellt. An den Stellen mit auskragenden Obergeschossen mussten die Außenwände im Erdgeschoss sowie die dar-

überliegende Decke entsprechend auf mögliche Biege- und Querkraftbeanspruchungen ungünstig wirkender Lasten im Bauzustand ausgelegt werden (Bild 13).

Aufgrund des seitlich eindringenden sowie des gespannten Grundwassers waren sowohl eine temporäre Wasserhaltung als auch eine Entlastung durch Entspannungsbrunnen erforderlich. Da die Baugrubensohle etwa 1 m unter dem Bauwasserstand lag, war eine temporäre Grundwasserhaltung notwendig. Hierfür wurde entlang des Baugrubenrands ein umlaufender Drainagegraben angelegt, um das über die Baugrubenwand eindringende Grundwasser aufzufangen und in einen Pumpensumpf abzuleiten. Um das gespannte Grundwasser in den tertiären Hydrobienschichten innerhalb der Baugrube zu entlasten, wurden Entspannungsbrunnen angelegt. Diese Brunnen wurden in Abstimmung mit der Bauleitung und der Tragwerksplanung an Stellen platziert, an denen die Verkehrswege auf der Baustelle nicht beeinträchtigt wurden und keine Schubbewehrung in der Bodenplatte erforderlich war. Aufgrund der artesisch gespannten Grundwasserverhältnisse, bei denen die Grundwasserdruckfläche höher als die Geländeoberfläche liegt, waren Überlegungen zur Auftriebssicherheit der Baugrubensohle notwendig. Dabei galt es, den Gleichgewichtszustand zwischen dem Gewicht des Bodenkörpers unter der Baugrubensohle und dem Wasserdruck in den darunterliegenden tertiären Sand- und Kiesschichten zu bestimmen. Für eine ausreichende Auftriebssicherheit gegenüber den artesischen tertiären Schichten musste der Baukörper im Nordteil des Gebäudes eine Last von etwa 65 kN/m^2 aufweisen.

Um das Risiko des Auftriebs des Baukörpers während der Bauphase durch mögliche Starkregenereignisse zu minimieren, wurden im Rohbaukörper Flutöffnungen in Form von offenen Wandbereichen eingeplant. Diese Öffnungen, die erst nach Erreichen der Auftriebssicherheit geschlossen wurden, sollten das Fluten des Kellerkastens ermöglichen. Diese klassische Variante der Flutöffnung

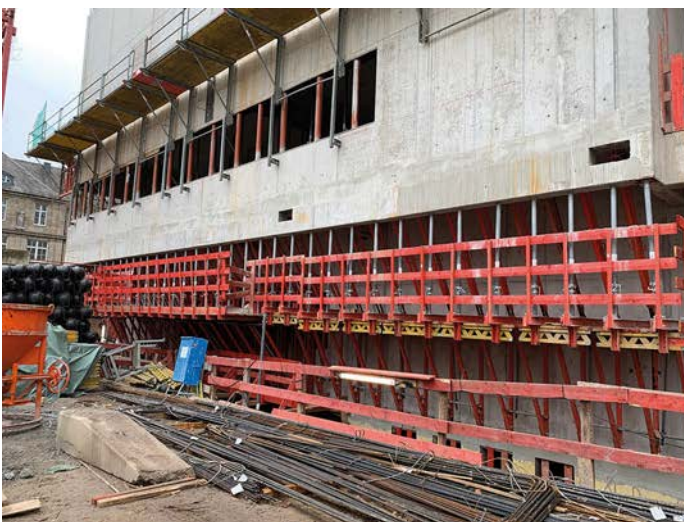
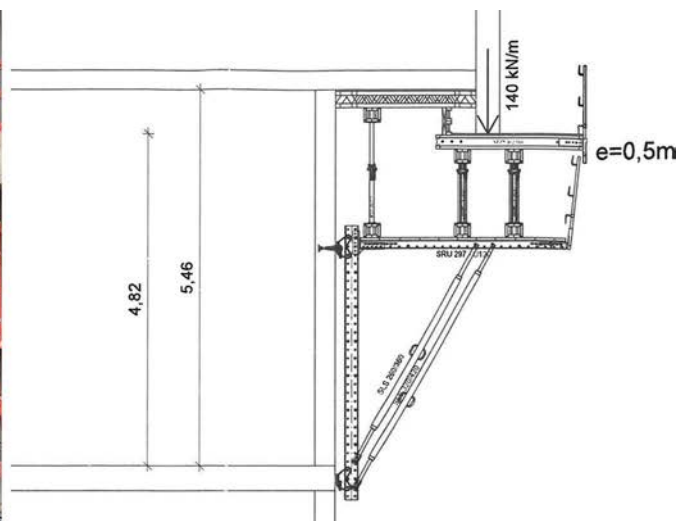


Bild 13 Abstützung temporärer Gerüste (Quelle: B + G)
Support for temporary scaffolding



setzte zwar einen gewissen Planungsaufwand voraus, war jedoch kalkulierbar und bot eine hohe Ausfallsicherheit.

4 Statische Berechnung

4.1 Gesamtbetrachtung

Eine Konstruktion aus Wandscheiben und Decken, wie sie hier vorliegt, kann grundsätzlich mit ebenen Finite-Elementen (FE) berechnet werden. Allerdings besteht ein großer Lösungsraum durch die Annahme unterschiedlicher Steifigkeiten von gerissenem und umgerissenem Beton. Um einen klaren Lastabtrag und präzise Schnittgrößen an den Einbauteilen zu erhalten, fiel die Entscheidung, neben einem FE-Modell zusätzlich ein Fachwerkmodell zu erstellen. Bei der Modellierung wurden die Decken zunächst mit 2D-Schalenelementen dimensioniert. Die vertikalen Lasten, welche sowohl ständige als auch veränderliche Beanspruchungen umfassen, wurden auf die Schalenelemente aufgebracht. Daraufhin wurden die resultierenden Lagerreaktionen ermittelt. Diese Reaktionen aus den Deckenmodellen wurden anschließend als Lasten auf das Aussteifungsmodell übertragen. Zusätzlich wurde das Aussteifungsmodell mit Wind- und Imperfektionslasten belastet. Das Modell wurde aus verbundenen Fachwerken modelliert, wodurch klar ersichtlich war, wie viel Last an den einzelnen Knotenpunkten ankommt. So konnte präzise festgelegt werden, wie viel Kraft in ein Einbauteil eingeleitet, über eine Schubfuge aufgenommen oder durch die Knotenpunkte weitergeleitet werden musste (Bild 14).

4.2 Detailstatik Stahlbauteil

Die Detailstatik der Einbauteile wurde von B+G erstellt. Das Bauunternehmen übernahm nur die Nachweise der Schweißnähte. Die Einbauteile wurden mithilfe einer Finite-Elemente-Berechnung beurteilt, wobei die Stahlplatten als Flächenelemente und die Bewehrung

teils als Last und teils als Auflager modelliert wurden. Zur Bemessung kam Stahl der Güte S355 in einem linearen Materialmodell zum Einsatz. Für das Stahlbauteil wurde eine numerische Beulanalyse durchgeführt. Der Beulsicherheitsnachweis erfolgte nach Theorie II. Ordnung unter Ansatz einer Vorkrümmung. Der maßgebende niedrigste kritische Lastfaktor und die zugehörigen Beulfiguren wurden berechnet und als geometrische Imperfektion gemäß DIN EN 1993-1-5, Tabelle C.2 angesetzt. Der Stabilitätsnachweis wurde schließlich in Kombination mit dem Spannungsnachweis geführt.

5 Treppen

Im Museum befinden sich zwei erwähnenswerte Treppen (Bild 15). Die Haupttreppe vom Erd- ins Obergeschoss ist eine klassische Wangentreppe, allerdings besitzt diese Wange, günstig für den Lastabtrag, in der Mitte einen höheren Querschnitt als an den Auflagern. Die Treppe zur Garderobe im Untergeschoss ist mit Stahlstäben von der Decke abgehängt. Hierbei kam es darauf an, dass die Stäbe möglichst alle die gleiche Spannung haben und nicht einzelne Stäbe ohne Last sind oder gar unter Druck geraten. Dieses handwerkliche Kunststück hat der Stahlbauer Huhle aus Wiesbaden sehr gut ausgeführt. Eine Konstruktion mit vorgespannten Seilen wurde im Entwurfsprozess verworfen, da Seile immer als technische Konstruktion wahrgenommen werden.

6 Herausforderungen in der Bauphase

6.1 Hohlkörperdecken

Der Entwurf sah weitgespannte leichte Hohlkörperdecken vor, die eine glatte Unterseite gewährleisten und so die Planung der TGA erleichterten sollten. Die Positionierung der Hohlkörper hing maßgeblich von der Querkrafttragfähigkeit der Decke ab. In Bereichen mit Hohlkörpern wurde diese Tragfähigkeit auf

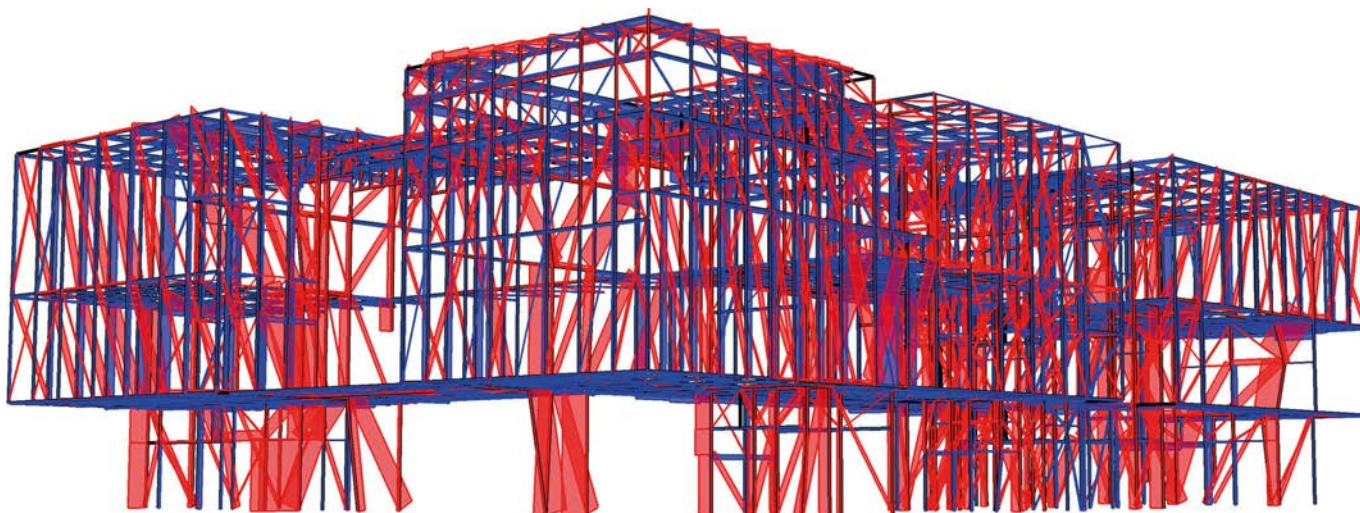


Bild 14 Ausschnitt FE-Fachwerkmodell, Druck- und Zugstäbe (Quelle: B + G)
Extract FE truss model, pressure and tension rods

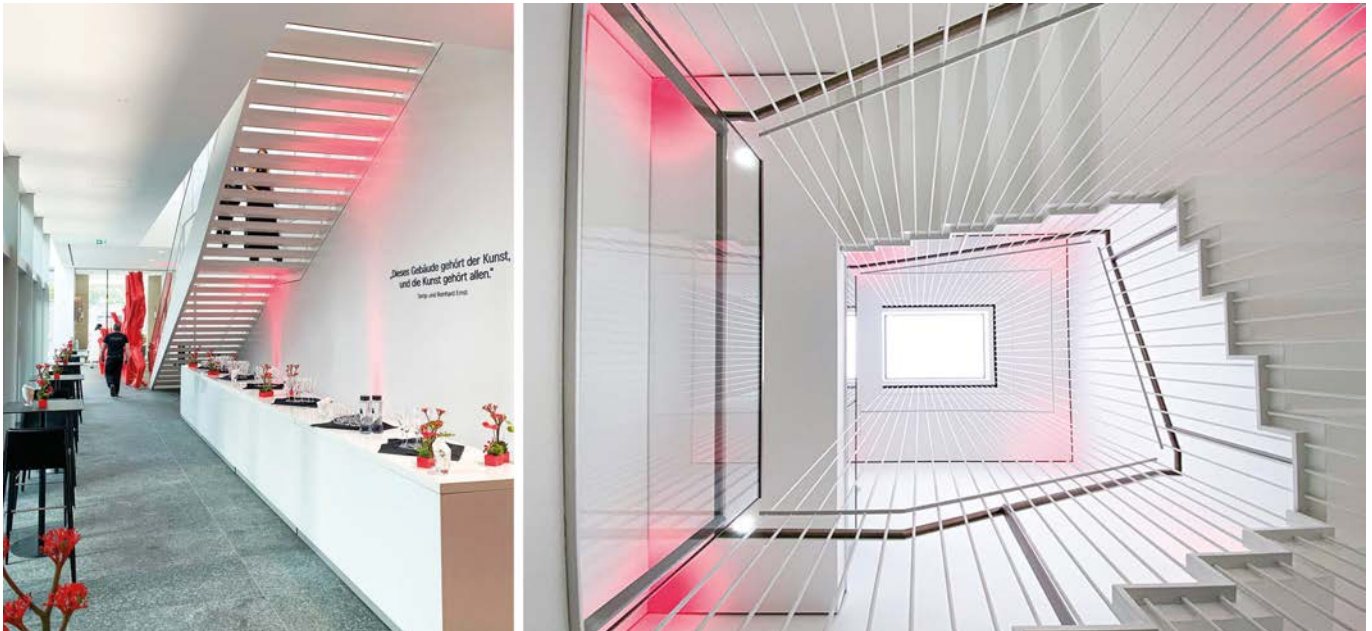


Bild 15 Haupttreppe zwischen Erd- und Obergeschoss (links), abgehängte Treppe (rechts) (Quelle: B + G)
Main staircase between ground floor and upper floor (left), suspended staircase (right)

$V_{rd,c,Cobiax} = 85 \text{ kN/m}$ reduziert, was eine flächendeckende Platzierung der Hohlkörper verhinderte. Letztlich konnten nur etwa 40 % der Deckenfläche mit Hohlkörpern versehen werden. Das Konzept zur Planung der Lastabhängepunkte stellte aufgrund der Verwendung von Hohlkörperdecken eine besondere Herausforderung dar. Diese Punkte mussten in den Plänen präzise verortet werden, da die Lasten im Bereich des unteren Plattenspiegels sicher verankert werden sollten. Für den statischen Nachweis durfte dabei nur der vorhandene Betonquerschnitt berücksichtigt werden. Um den Lastabtrag sicherzustellen, entschied man sich dafür, in den Bereichen der Lastabhängepunkte auf einzelne Hohlkörper zu verzichten, um einen ausreichend massiven Bereich für die Lastaufnahme zu schaffen.

Eine weitere Besonderheit der Hohlkörperdecken war die Begrenzung der Einzellast im Bereich der Hohlkörper. Der charakteristische Wert der Einzellast durfte bei einer Mindestaufstandsfläche von $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 10 kN nicht überschreiten. Um während der Bauphase dennoch größere Einzellasten von bis zu 40 kN aus den darüberliegenden Geschossen aufnehmen zu können, wurde eine speziell bemessene Konstruktion aus Holztraversen zur Lastverteilung eingesetzt. Größere Einzellasten, wie sie etwa durch einzelne Sprießen verursacht wurden, konnten mithilfe dieser Traversen an Stellen ohne Hohlkörper in die Stahlbetondecke ein- und durchgeleitet werden. Um den Auftrieb der Hohlkörper zu vermeiden, wurde eine zweischichtige Betonage vorgesehen, die einen zusätzlichen Verbundnachweis erforderte. Auf der sicheren Seite wurde für den Fugennachweis ausschließlich die Verbundbewehrung verwendet.

6.2 Kunst während der Bauphase

Eine besondere Herausforderung für das Planungsteam stellten die Skulpturen von Tony Cragg dar, die erst während der laufenden Baustellenarbeiten in Auftrag gegeben wurden. Die Informationen zu den Skulpturen erreichten das Team daher zu einem bereits fortgeschrittenen Planungsstand und mussten sowohl den festgelegten Lastanforderungen gerecht werden als auch ausreichend Flexibilität bei der Montage bieten. Aufgrund des hohen Eigengewichts der beiden über 6 m hohen Skulpturen, die jeweils 25 kN wiegen, war es erforderlich, diese auf Stahlträgern zu montieren, um die Lasten direkt an die Rohbauwände abzuleiten. Die begrenzte Fußbodenaufbauhöhe stellte dabei ein Hindernis dar. Um diesem Problem zu begegnen, wurde kurzfristig eine geringere Deckenhöhe eingeplant, die in der Lage war, die im Entwurf festgelegten Lasten zu tragen und gleichzeitig genügend statische Höhe für die Stahlträger des Kunstwerks zu gewährleisten. Ein Vorteil der Entkopplung der Stahlkonstruktion von der Rohbaudecke war, dass noch die Möglichkeit bestand, Feintuning an der Positionierung der Skulpturen vorzunehmen. Die großen Skulpturen trafen im Mai 2021 im Museum ein und mussten mithilfe eines Krans in die finale Position gebracht werden (Bild 16).

7 Fazit

Der Anspruch an eine Planung ist stets, den Entwurf der Architektur möglich zu machen. Das Entwurfskonzept von Maki inspirierte B + G in einer Art und Weise, die Idee der schwebenden Wirkung des Gebäudes aufzugreifen, in die Planung einzubinden und damit die gewünschte Offenheit zur Wilhelmstraße zu generieren.

Dank

Die Autoren danken dem Architekturbüro Maki für den hervorragenden Entwurf, dessen Tragwerk sie in enger und sehr guter Zusammenarbeit mit dem Architekturbüro schneider + schumacher entwickeln und ausarbeiten durften. Bemerkenswert an dieser Stelle war, dass extrem wenige Durchbrüche durch die Haustechnik erst im Bau geplant werden mussten, obwohl hier eine Haustechnik mit den höchsten klimatechnischen Ansprüchen umgesetzt worden ist. Sehr großer Dank geht natürlich auch an den Bauherren Herrn Reinhard Ernst, ohne den diese konsequente Umsetzung nicht möglich gewesen wäre.

Projektdateien

Planungsbeginn	2018
Fertigstellung	2024
BGF	11.700 m ²

Projektbeteiligte

Bauherr	Reinhard & Sonja Ernst Stiftung, Wiesbaden
Architekten	Maki and Associates (Entwurf), Tokyo; schneider + Schumacher (Generalplanung), Frankfurt
Tragwerksplanung	Bollinger + Grohmann, Frankfurt
Bauphysik	Bollinger + Grohmann, Frankfurt
Fassadenplanung	AplusF Fassadenplanung, Frankfurt
TGA-Planung	FC-Planung GmbH, Eschborn
Bodengutachter	Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH, Wiesbaden-Delkenheim
Brandschutzberater	icr ingenieur consulting rücker, Darmstadt
Rohbau	ARGE Karl Gemünden GmbH & Co. KG, Ingelheim am Rhein mit Wolff & Müller GmbH & Co. KG, Karlsruhe
Fassade Metallbau	Rupert App GmbH & Co., Leutkirch im Allgäu
Fassade Naturstein	Hofmann Naturstein GmbH & Co. KG, Niederlassung Frankfurt

Autor:innen



Prof. Dr.-Ing. Mark Fahlbusch
(Korrespondenzautor:in)
mfahlbusch@bollinger-grohmann.de
Bollinger + Grohmann
Westhafenplatz 1
60327 Frankfurt



Benjamin Barbaros, M.Eng.
bbarbaros@bollinger-grohmann.de
Bollinger + Grohmann
Westhafenplatz 1
60327 Frankfurt

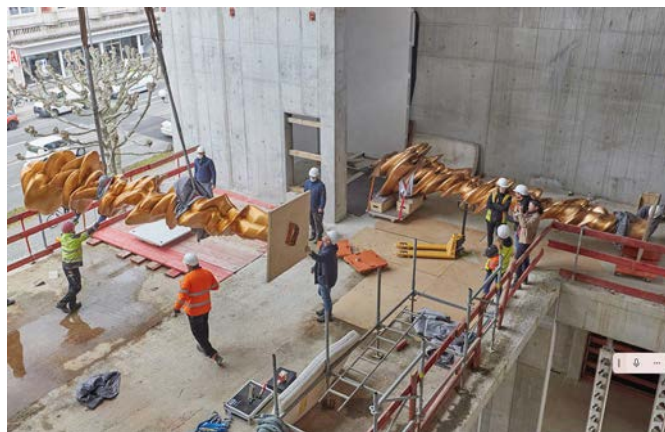


Bild 16 Montage der Skulpturen von Tony Cragg (Quelle: Reinhard & Sonja Ernst-Stiftung, Museum Reinhard Ernst)
Assembly of sculptures by Tony Cragg

Zitieren Sie diesen Beitrag

Fahlbusch, M.; Barbaros, B. (2025) *Das Museum Reinhard Ernst – Wenn Beton schwebt*. Beton- und Stahlbetonbau 120, H. 1, S. 60–68.
<https://doi.org/10.1002/best.202400073>