

5/2011

61. Jahrgang · 1739

**beton**

Die Fachzeitschrift für Bau+Technik

- Tunnelauskleidung aus geschliffener weißer Spritzmörtelschicht
- Das DITIB-Gemeindezentrum mit Moschee in Köln-Ehrenfeld
- Wasserdruckhaltende Innenwannen aus Beton im Gebäudebestand, Teil 2

Sonderdruck



## Das DITIB-Gemeindezentrum mit Moschee in Köln-Ehrenfeld

Guido Kirsch und Christian Richert, Köln

Überreicht durch:

 **IDK** KLEINJOHANN · KÖLN  
Beratende Ingenieure für das Bauwesen · VBI

IDK KLEINJOHANN GmbH & Co. KG Köln  
Clemensstraße 10 | 50676 Köln  
T: 0221 . 921637 . 0 | F: 0221 . 921637 . 59

IDK GmbH & Co. KG Berlin  
Hochbaumstraße 48 | 14167 Berlin  
T: 030 . 790985 . 0 | F: 030 . 790985 . 99

E: info@idk-koeln.de | W: www.idk-koeln.de

Verlag Bau+Technik GmbH  
www.verlagbt.de

Achitektur, Planung und Bauausführung

## Das DITIB-Gemeindezentrum mit Moschee in Köln-Ehrenfeld

Guido Kirsch und Christian Richert, Köln

2006 beauftragte die Türkisch-Islamische Union der Anstalt für Religion e.V. (DITIB) das Architekturbüro Paul Böhm mit dem Bau ihres neuen Gemeindezentrums mit Moschee in Köln-Ehrenfeld. Das imposante Bauwerk, dessen Fertigstellung bis Ende 2011 geplant ist, soll auf einer Brutto-Grundfläche von über 20 000 m<sup>2</sup> u.a. Büroräume, Einkaufs-Magistrale und einen Versammlungsraum beherbergen. Das herausragende architektonische Element des von Sichtbetonbauteilen und Glasfassaden geprägten Gebäudekomplexes ist die Moschee, die aus einer rund 1 000 m<sup>2</sup> großen, aufgefächerten und geschwungenen Stahlbetonkuppel mit 34,50 m Höhe sowie zwei dazugehörigen je 55 m hohen Minaretten besteht. In dem Beitrag wird über die Planung und Gestaltung dieses spannenden Bauwerks berichtet.

### 1 Historie

1984 erwarb die Türkisch-Islamische Union der Anstalt für Religion e.V. (DITIB) das Gelände des heutigen Gemeindezentrums an der Kreuzung Innere Kanalstraße/Venloer Straße in Köln-Ehrenfeld mit vorhandener Bebauung. Bis zum Abbruch unmittelbar vor Beginn des Neubaus im Jahr 2009 diente das Gebäude bereits als Gemeindezentrum und Verwaltungsgebäude. Innerhalb des Gebäudes war schon eine Moschee integriert, die allerdings von außen nicht als solche erkennbar war.

Im Jahr 2006 veranstaltete die DITIB als Bauherrin einen begrenzt offenen Architektenwettbewerb für den Neubau eines Gemeindezentrums mit angeschlossener Moschee auf ihrem bereits genutzten Grundstück, um bereits im Vorfeld eine höchstmögliche Akzeptanz für den Neubau zu erzielen. Zu diesem Zweck wurde eine Jury aus Vertretern der DITIB sowie aus religiösen, politischen und sozialen Akteuren aus Köln und Ehrenfeld gegründet. Als erster Preisträger aus diesem Wettbewerb ging das Kölner Architekturbüro Paul Böhm hervor.

### 2 Planungsphase

Das Büro IDK Kleinjohann, wie auch die Fachplaner für die Technische Gebäudeausrüstung, PGH – Planungsgemeinschaft Haustechnik, und die Bauphysik, ISRW Dr. Klapdor, wurde Ende 2006 in die Planung mit einbezogen. Die Entwurfsplanung fand zunächst auf Grundlage des Wettbewerbsmodells statt. Nach Abschluss der Leistungsphase 3 und der damit einhergehenden Kostenberechnung wurde der Entwurf nach intensiver Diskussion und Abwägung aller gestalterischen, funktionalen und wirtschaft-

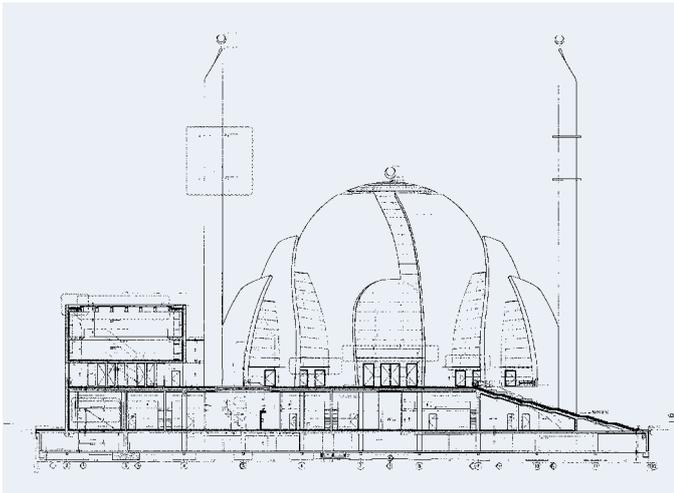


Aktuelle Aufnahme der Moschee (März 2011)

### Die Autoren:

**Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Guido Kirsch** studierte Bauingenieurwesen an der Fachhochschule Aachen. Er arbeitet seit 1995 im Büro IDK Kleinjohann GmbH & Co. KG und ist dort seit 2008 als technischer Leiter zuständig für Tragwerksentwürfe und Qualitätssicherung.

**Dipl.-Ing. Christian Richert** studierte Bauingenieurwesen an der RWTH Aachen. Er arbeitet seit 2005 im Büro IDK Kleinjohann GmbH & Co. KG und war der Projektleiter des DITIB-Gemeindezentrums mit Moschee. Seit 2010 ist er Teamleiter der Entwurfsabteilung „Creativ Construction Community“.



Gebäudeschnitt Entwurfsplanung



Isometrischer Schnitt der isolierten Kuppel

lichen Aspekte abschließend überarbeitet. Die Veränderung des Wettbewerbentwurfs erfolgte in mehreren Schritten und Varianten, bis schließlich Anfang 2008 der Gebäudeentwurf feststand, der im Wesentlichen dem mittlerweile im Bau befindlichen Gebäude entsprach.

Das Büro Böhm schaffte es, starke funktionale Optimierungen zu verwirklichen und zusätzliche architektonische Highlights zu setzen, gleichzeitig aber die wesentlichen Merkmale des Entwurfs, wie die gegliederte Randbebauung, die große Freitreppe und die aufgelöste Kuppel, beizubehalten. Hieraus ergaben sich unweigerlich weitere Herausforderungen für die Tragwerksplanung.

Ende April 2008 wurde der Bauantrag durch die DITIB eingereicht, Ende November 2008 lag die Baugenehmigung vor. Die Genehmigungsstatik wurde bis Mitte 2009 fertiggestellt. Die erforderlichen Anpassungen architektonischer und nutzungsbedingter Details, auch in der Leistungsphase 4 und zu Beginn der Ausführungsplanung, konnten vor allem durch die ausgesprochen gute Zusammenarbeit zwischen der Bauherrin, den Fachplanern und dem Architekten kompensiert werden.

Dabei wurde allen Beteiligten immer wieder bewusst, welche komplexe Auswirkungen vor allem das Thema Sichtbeton auf die Planung und die Ausführung dieses Gebäudes hatte, um eine Errichtung in der von der Bauherrin und dem Architekten geforderten Qualität zu gewährleisten.

### 3 Struktur

Der Gebäudekomplex des DITIB-Gemeindezentrums umfasst weit mehr als die Moschee. Neben der imposanten Kuppel, die den Gebetsraum und den darunter liegenden Konferenzsaal überspannt, ist eine weitläufige Randbebauung vorhanden, die sich ab dem 1. Obergeschoss in drei einzelne Gebäude mit insgesamt fünf oberirdischen Geschossen aufteilt. Diese Randbebauung beherbergt Räume unterschiedlichster Nutzung, von Schulungs- und Sozialräumen über Büros bis hin zu kleineren Wohneinheiten.

Über die Außenkanten des gesamten aufgehenden Gebäudes hinaus ist darunter ein Untergeschoss angeordnet, das fast ausschließlich als Tiefgarage genutzt wird. Eine große Freitreppe führt auf die zentrale Platzfläche im 1. OG des Gebäudeensembles. Diese stellt die Haupteinfahrt zu den einzelnen Gebäuden dar und führt zum Eingang des Gebetsraums.

Unterhalb der Platzfläche ist im knapp 6,00 m hohen Erdgeschoss eine Einkaufszone angeordnet, die sich längs durch das Gebäude zieht. Innerhalb dieses Erdgeschosses befinden sich in der sogenannten Mezzaninebene Galeriebereiche, die teilweise in kombinierter Nutzung mit den Geschäften stehen, bereichsweise aber auch separat genutzt werden.

Die Gebäudehöhe der Randbebauung reicht bis auf 17,40 m. Der Scheitelpunkt der Kuppel ist mit 34,50 m fast doppelt so hoch und wird von den 55,0 m hohen, symmetrisch neben der Kuppel angeordneten Minaretten nochmal um mehr als 20,0 m überragt.

### 4 Architektur

Die Architektur des Gebäudes wird geprägt durch Sichtbetonbauteile, die durch Glasfassaden ergänzt werden. In der Fassade der Randbebauung sind bis auf wenige geschlossene Wandbereiche Stützen in einem Achsabstand von 1,35 m angeordnet. Diese verlaufen ohne Querriegel vom EG bis zum 3. OG. Die Decken binden dahinter seitlich auf nur  $\frac{2}{3}$  der Stützenbreite an diese an. Die zwischen den Stützen liegenden Bereiche der Glasfassade sind in der Ebene zwischen Stützeninnen- und Deckenaußenkante angeordnet, sodass die Fassadenprofile hinter den Stützen liegen und von außen nur die Glasscheiben sichtbar werden. Ein Großteil der unterzugsfreien Decken wurde unterseitig ebenfalls in Sichtbeton ausgeführt, ebenso die runden Innenstützen.

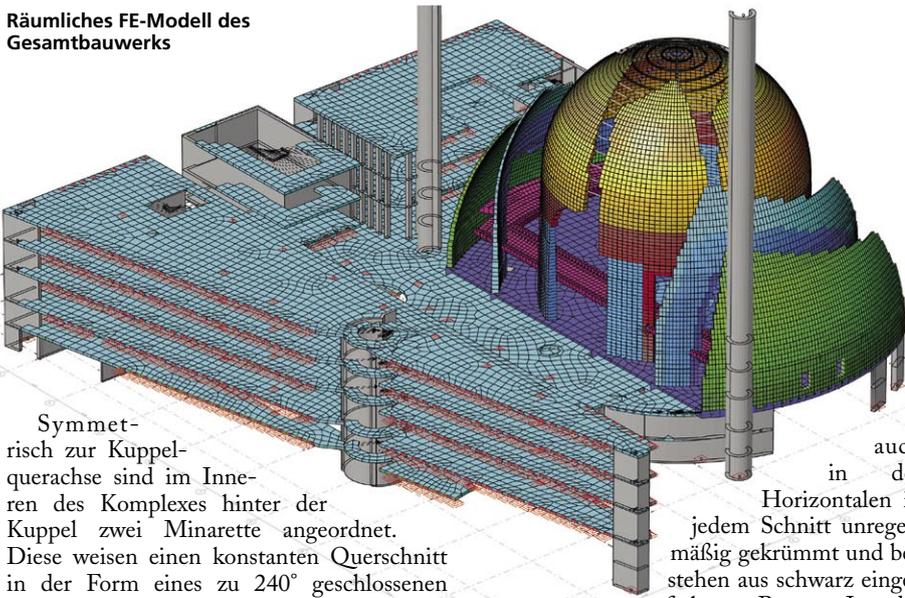
Der mittlere Bereich der offenen Einkaufszone im EG bildet eine Passage, die nach oben von einer Betonabhangdecke abgeschlossen wird. In der gesamten Deckenkonstruktion befinden sich in regelmäßigem Abstand

Lichtaugen, die tagsüber eine natürliche Beleuchtung über die Platzfläche gewährleisten. Als Trennung zu den Geschäftsräumen ist entlang der Mall eine Holz-Glasfassade geplant. Gleichzeitig führt die Einkaufszone zu dem Nebeneingang des Konferenzsaals unterhalb der Kuppel.

Der Konferenzsaal ist bis auf vier massive Stützen, die in der Umfangsline der inneren Kuppelschale stehen, stützenfrei, sodass die in der höchstmöglichen Sichtbetonklasse 4 hergestellte Decke über 26,0 m frei spannt. Realisiert wurde dies durch eine unterseitige radial kaskadenförmige Abstufung der Decke, bei der sich der Querschnitt von 40,0 cm im Zentrum über 60,0 cm bis zu 80,0 cm am Auflager erhöht.

Die Kuppel besteht aus sechs einzelnen Schalen. Im Untergeschoss größtenteils noch massive Pfeiler, entstehen im Erdgeschoss zusammenhängende kurze Wandstücke, die sich über den Gebetsraum mit zunehmender Höhe blattförmig aufweiten und dabei ihre Querschnittsdicke verringern. Die beiden Innenschalen bilden bis zu einer Höhe von 21,0 m Zylinderausschnitte, die darüber in Ausschnitte einer Kugel übergehen. Der Zusammenschluss zu einer vollständigen Halbkugel wird durch eine breite unregelmäßige Öffnung aufgehoben. Hinter der Innenkuppel schließen sich jeweils eine Mittel- und eine Außenschale an, die in sich und im Vergleich zur jeweils davor platzierten Schale abgestufte Scheitelhöhen aufweisen. So entsteht eine unregelmäßig unterbrochene Stahlbetonkonstruktion, deren Zwischenräume zur Erzielung eines geschlossenen Kuppelraumes mit mehrfach gekrümmten Glasfassaden geschlossen werden. Als Tragkonstruktion für die Glasfassade dienen runde Stahlprofile mit einem Außendurchmesser von 110 mm. Im kugelförmigen Bereich werden diese Profile als Vollquerschnitte ausgebildet, da sie gleichermaßen eine Funktion in der Gebäudestatik übernehmen. Der Scheitel der Innenkuppel wird durch eine radförmige Stahlkonstruktion gebildet, deren Speichen die beiden Schalen am Kopf kraftschlüssig verbinden.

Räumliches FE-Modell des Gesamtbauwerks



Symmetrisch zur Kuppelquerachse sind im Inneren des Komplexes hinter der Kuppel zwei Minarette angeordnet. Diese weisen einen konstanten Querschnitt in der Form eines zu 240° geschlossenen Kreisringausschnittes auf. Der offene Querschnitt wird wiederum durch eine gekrümmte Glasfassade geschlossen.

In allen Außenbauteilen des Gebäudes sind horizontale Arbeits- und Schalfugen im vertikalen Abstand von 65,0 cm realisiert worden. Trotz unterschiedlicher Geschosshöhen konnten alle nach konventioneller Bauweise entstehenden Arbeitsfugen in den vertikalen Betonbauteilen durch eine aufwändige Planung und Ausführung vermieden werden. Die komplette Oberfläche aller Sichtbetonaußenbauteile wird gestockt und mit Betonseal hydrophobiert.

Losgelöst und als Kontrast zu dem restlichen Gebäude ist in der Platzfläche ein Brunnen angeordnet, dessen Skulptur sich aus dem EG durch die Platzfläche bis zu einer Höhe von 12,00 m entwickelt. Die Brunnenskulptur besteht aus zwei gegenüber stehenden und sich verjüngenden Schalen. Diese sind nach innen geneigt, sowohl in der Vertikalen als

in der Horizontalen in jedem Schnitt unregelmäßig gekrümmt und bestehen aus schwarz eingefärbten Beton. In der Platzfläche ist ein Wasserbecken mit einem Glasboden eingebaut, das durch eine radförmige Stahlkonstruktion getragen wird. Um die Schalen herum und im Zwischenraum der Schalen führt eine Stahltreppe vom EG auf die Platzfläche.

## 5 Tragwerk

### 5.1 Randbebauung

Die Randbebauung weist insgesamt ein einheitliches Tragwerk auf. Die 30,0 cm dicken, punktgestützten Flachdecken besitzen Regelspannweiten von 8,10 m und Maximalspannweiten von 9,45 m. Über 30,0 cm breite Stege sind sie mit den 45,0 cm breiten Fassadenstützen verbunden und lagern auf Innenstützen mit einem Durchmesser von 60,0 cm. Der Entwurf der Sichtbetonfassade bringt die Ausführung einer Innendämmung mit sich.

Durch die Sichtbetonbereiche der Deckenunterseiten, welche eine flankierende

Dämmung der Decken zur Einschränkung der Wärmebrückenbildung ausschließt, mussten Überlegungen angestellt werden, wie die Wärmebrückenproblematik zu lösen sei. Zu diesem Zweck wurden die Deckenstreifen von 1,00 m Breite hinter sämtlichen Fassaden in Leichtbeton ausgeführt. Diese verringern durch die geringere Rohdichte und damit die geringere Wärmeleitfähigkeit das Abwandern der Innenwärme. Die Verwendung von Leichtbeton führte allerdings durch die damit einhergehende reduzierte Querkrafttragfähigkeit zu einer Reihe weiterführender Details, die in der Planung und Ausführung beachtet werden mussten. Damit die vertikalen Bauteile nicht durch Leichtbetonbereiche geschwächt wurden, mussten diese in Abschnitten immer mindestens bis zur Oberkante der Decken betoniert werden.

Im Anschluss wurden die Decken mit einer verzahnten Ausführung der Anschlussfugen betoniert. Der Bewehrungsanschluss erfolgte über Schraubanschlüsse. Zudem musste die Querkrafttragfähigkeit des Leichtbetons auch in der Deckenbemessung in den schubbeanspruchten Anschlussstegen berücksichtigt werden. Durch die Festlegung von Arbeitsfugen in einem Vielfachen von 65,0 cm in den vertikalen Bauteilen entstanden zudem Arbeitsabschnitte, die oberhalb der Deckenoberkante endeten. Daher musste der aufwendige Deckenanschluss auch in Bereichen erfolgen, die nicht in Sichtbeton geplant waren.

Darüber hinaus existiert eine Reihe von Stützen und Wänden, die bis zum 1. OG Innenbauteile darstellen, und oberhalb zu Außenbauteilen werden. Auch hier war kurz oberhalb der Decke eine Arbeitsfuge herzustellen. Die Ausführung der Anschlüsse wurde besonders aufwändig, da in vielen Fällen die Durchstanzbewehrung der Decke über die vertikalen Bauteile hinweg geführt werden musste und nicht mit Schraubanschlüssen gearbeitet werden konnte.

Die Ausführung vieler Bauteile in Sichtbeton machte es erforderlich, dass großflächig Installationen für Decken- und Wandleuchten etc. in die Stahlbetonkonstruktion integriert werden mussten. Dadurch wurden tragende Querschnitte teilweise massiv geschwächt und mussten durch lokal höhere Bewehrungsgrade verstärkt werden. Zur Überprüfung und Sicherstellung der zulässigen Verformungen wurden aus diesem Grund zusätzlich umfangreiche nichtlineare FE-Berechnungen durchgeführt.

### 5.2 Kuppel und Minarette

Auch die Kuppel und die Minarette sind als schlaff bewehrte Stahlbetonkonstruktionen errichtet worden. Alle Kuppelschalen weisen am Kopf eine minimale Querschnittsdicke von 40,0 cm auf. Ab der letzten verbindenden Ebene im 1. OG, in die sich die Kuppelschalen einspannen, nimmt die Querschnittsdicke nach oben kontinuierlich auf diese Dicke ab. Im EG und Mezzaningeschoss stellen die Kuppelschalen teilweise Innen-, teilweise aber auch Außenbauteile dar. Die Querschnittsdicke der Gesamtschale



Betonage der Decke über dem Konferenzsaal und Schraubanschlüsse



Computergrafik der Decke des Konferenzsaals

und damit die Konstruktionsstärke der ungedämmten Bauteile beträgt bei der Innenkuppel maximal 1,20 m, 1,00 m bei der mittleren und 0,80 m bei der außenliegenden Schale. Die so entstehenden massiven kurzen Wandscheiben setzten sich im Untergeschoss fort und werden in Teilbereichen in zwei Wandpfeiler aufgeteilt, um Raum für Parkplätze zu schaffen.

Durch die Verjüngung der Querschnittsdicke mit zunehmender Fläche entsteht ein Tragsystem, das von einer Stützentragswirkung zu einer Flächenstragswirkung übergeht. Gleichzeitig wird in Bereichen großer Lasten eine hohe Steifigkeit der Bauteile erzeugt, in großer Gebäudehöhe aber das Eigengewicht reduziert. Die äußeren Schalen sind durch dieses Prinzip hundertprozentig in der Lage, trotz ihrer vertikalen Krümmung ab der Ebene des 1. OG frei zu stehen und die auftretenden Lasten abzuleiten.

Die innere Kuppel erforderte es, dass die Kuppeltragwirkung, die durch die Anordnung der Schalenausschnitte für die Fassade nur noch sehr reduziert vorhanden war, wieder hergestellt werden musste. Zu diesem Zweck wurden die runden Fassadenprofile, die im unteren Kuppelbereich als Rohre hergestellt werden, als Vollquerschnitt ausgebildet und für die Tragwirkung genutzt. Die radförmige Stahlkonstruktion am Kopf der Kuppel nimmt die Druckkräfte aus den sich gegeneinander neigenden Schalen auf. Die Stahlprofile am unteren Rand des kugelförmigen Bereichs nehmen im Wesentlichen die dadurch entstehenden Zugkräfte auf.

Auch in den Kuppelschalen und den Minaretten sollte das Fugenraster von 65,0 cm eingehalten werden. Aus diesem Grund musste die 80 cm dicke Decke des Konferenzsaals nach dem gleichen Prinzip wie alle anderen Decken betoniert werden, nachdem die Schalen bis über die Deckenoberkante hergestellt worden waren. Allein für den Anschluss dieser Decke wurden knapp 2000 Schraubanschlüsse benötigt.

Durch die großen Querschnitte dieser radial abgestuften Decke wurde eine Betonmenge von ca. 950 m<sup>3</sup> Beton benötigt. Die Betonage erfolgte an einem einzigen Tag über den Zeitraum von ca. 10,0 h, in dem etwa 90 Betonmischer ihre Ladung zur Baustelle lieferten.

### 5.3 Aussteifung

Das Grundstück liegt in Köln-Ehrenfeld und damit in der Erdbebenzone 1. Aus diesem Grund sind neben den horizontalen Einwirkungen infolge Wind auch moderate Einwirkungen infolge Erdbeben bei der Bemessung der stabilisierenden Bauteile des Gebäudes zu berücksichtigen. Es war zu gewährleisten, dass sowohl jeder Gebäudeteil für sich als auch das Gesamtbauwerk in seiner Komplexität für die vorhandenen Einwirkungen ausgelegt ist. Die Aussteifung erfolgt über Treppenhauskerne und in den Gebäudeecken angeordnete Wandscheiben. Der Kuppelbereich wird durch die flächigen Schalen im oberen Bereich und die massiven Wandstücke im unteren Bereich aussteift. Die Aussteifung des kleinsten Gebäudeteils, der Bibliothek, funktioniert vor allem über die Konstruktion eines steifen, kastenförmigen Baukörpers im 2. und 3. OG, der auf einer Mittelstützung und den Randstützen gelagert ist und so die Horizontalkräfte in eine Vertikalbelastung der Außenstützen umwandelt.

Ab der verbindenden Ebene im 1. OG werden Horizontalkräfte aus den obersten drei Geschossen der einzelnen Gebäudeteile über die Deckenscheibe verteilt und es entstehen Wechselwirkungen, die durch vereinfachte Berechnungen nicht mehr zu erfassen sind. Im Wesentlichen lagern sich dadurch Lasten aus den Kernen und Wänden der Randbebauung in die sehr steifen Kuppelwände im EG um.

Um diesen Effekten Rechnung zu tragen, entschied sich das Büro IDK Kleinjohann dafür, das Gebäude trotz seiner komplizierten Geometrie mit einem räumlichen Gesamtmodell abzubilden und damit die Einwirkungen bauteilübergreifend zu simulieren.

Eine besondere Herausforderung bei der Berücksichtigung der Windeinwirkung bo-

ten vor allem die Kuppel und die Minarette. Bei eckigen, gedungenen Gebäuden des üblichen Hochbaus sind die Einwirkungen infolge Wind relativ einfach nach der Windzone und der Geländekategorie zu berechnen. Für die Kuppel stellte sich die Frage, ob dieses Bauwerk durch die Glasfassaden zu einem eher rechteckigen Gebäude geschlossen wird, oder ob die Krümmungen der Schalen eine wesentliche Rolle bei der Ermittlung der Einwirkungen spielen. Zur Lösung dieser Frage wurden die Einwirkungen für einen idealisierten Rechteckgrundriss mit den Einwirkungen auf ein Gebäude mit abschnittsweise rundem Grundriss aus acht Richtungen (Winkeldifferenz  $\alpha = 45^\circ$ ) verglichen und jeweils der Maximalwert angesetzt. Dabei zeigte sich, dass es eine wesentliche Rolle spielte, in welcher Höhe und damit bei welcher Krümmung dieser Vergleich gezogen wird. Im unteren Gebäudebereich waren vor allem die Ansätze eines Rechteckgrundrisses maßgebend, am Kopf der Kuppel wurde die Lastermittlung für eine Kugel relevant.

Für die Minarette musste in jedem Fall die Windlastermittlung für einen kreisförmigen Grundriss erfolgen. Zudem waren Windeinwirkungen für schwingungsanfällige Gebäude zu berücksichtigen, wie sie im Normalfall nur bei hohen Industrieschornsteinen und Türmen vorkommen. So ruft nicht nur die Windbelastung selbst eine Bauwerksreaktion hervor, sondern auch Querschwingungen durch Wirbelerregung haben einen Anteil an der Gesamtbelastung. Dabei weist der offene Kreisringquerschnitt eine wesentlich geringere Steifigkeit auf als beispielsweise ein quadratischer Querschnitt. Diesem Umstand wurde entgegengewirkt, indem im oberen Drittel der Minarette geschlossene Stahlringe mit einem Hohlprofilquerschnitt von 300 mm x 300 mm angeordnet wurden.



Eingerüstete Innenkuppel während der Bauphase



Minarett mit Blick in den offenen Querschnitt während der Bauphase

Diese wirken durch ihre Verbindung mit der Betonschale an vier Punkten wie Klammern und steifen die Bauwerke aus, indem sie die auftretende Torsion behindern.

## 5.4 Untergeschoss und Gründung

Das Untergeschoss musste hinsichtlich einer Nutzung als Tiefgarage optimiert werden. Dadurch wurden eine Reihe von vertikalen Bauteilen in der Decke des UG abgefangen. Die komplette Nord-Ost-Fassade steht im Vergleich zur Außenwand des Untergeschosses nach innen eingerückt und wird



Sichtbetonabhangdecke mit Lichtaue in der Einkaufspassage

durch eine Unterzugskonstruktion über die komplette Gebäudebreite abgefangen.

Der gute Baugrund ermöglichte es in Abstimmung mit dem Baugrundsachverständigen, ICG Leonhardt-Veith, eine konventionelle Gründung auszuführen. Das Büro IDK entschied sich, eine Flachgründung derart zu planen, dass die Lasten ausschließlich von Einzel- und Streifenfundamenten abgetragen werden. Die Bodenplatte wurde weitgehend als entkoppelte, „schwimmende“ Bodenplatte mit sehr geringem Bewehrungsgrad hergestellt. In diesem Fall lagert die Bodenplatte

mit einer Bewegungsfuge auf den Fundamenten und erhält keine Last durch die Setzung derselben. Um eine unkontrollierte Rissbildung zwischen den aufgehenden Bauteilen zu vermeiden, wurden Sollrissfugen – Einschnitte über  $\frac{1}{3}$  der Dicke der Bodenplatte – vorgesehen.

## 5.5 Vorgehensweise der Bemessung

Die Komplexität des Gesamtbauwerks führte dazu, dass einzelne Bauteile wie auch das Gesamtbauwerk nur noch über räumliche Modelle wirtschaftlich bemessen werden konnten. Je weniger Vereinfachungen vorgenommen wurden, desto realistischer waren diese Finite-Elemente-Simulationen. Gleichermassen konnte der Einfluss kritischer Konstruktionsdetails und Ungleichmäßigkeiten so erfasst und berücksichtigt bzw. in anderen Fällen widerlegt werden. Durch das Büro IDK musste dabei immer genaues Augenmerk darauf gelegt werden, ob die Randbedingungen in diesen umfangreichen Modellen auch richtig abgebildet wurden, da sonst die Gefahr bestand, dass die vermeintlich realistischen Simulationen über fehlerhafte Ergebnisse hinweg täuschten. Die Abwägung zwischen dem Erfordernis der aufwändigen Berechnungen und einer ökonomischen Bearbeitung ist dabei trotz der hohen Anforderungen sehr gut gelungen.

## 6 Bauausführung

Das Rohbauunternehmen Nuha-Bau wurde neben der unkonventionellen Herstellung der vertikalen Bauteile in definierten Arbeitsabschnitten vor allem bezüglich der Herstellung der Kuppelschalen vor im Hochbau unübliche Herausforderungen gestellt.

Die Krümmung der Schalen erforderte eine dauerhafte Unterstützung der bereits erstellten Bauteilbereiche, da vor allem die Innenkuppel erst nach Abschluss der Arbeiten mit Herstellung der radförmigen Stahlkonstruktion am Kopf ihre endgültige Tragfähigkeit erreichte. Jedoch auch die äußeren Schalen mussten unter Berücksichtigung der Betonfestigkeiten vor Erreichen der Bemessungsfestigkeit und besonderen Belastungen während der Bauphase hergestellt werden.

Diese Bauzustände wurden durch das Büro IDK Kleinhann in Abstimmung mit der ausführenden Firma durch umfangreiche FE-Berechnungen auf Grundlage des Modells für den Endzustand überprüft. Es wurde ein Taktplan erstellt, der definierte, wann die Schalen ausgeschalt werden durften und in welchem Betonalter eine Belastung durch die darüber liegenden Betonierabschnitte erfolgen konnte. Diese Abstimmung musste unter der Berücksichtigung der Wiederverwendbarkeit der einzelnen Schalungselemente erfolgen. Diese wurden eigens für die Kuppelkonstruktion hergestellt. Mit dem Fortschreiten des Kuppelbaus musste auch das komplexe Traggerüst in die Höhe wachsen. Zur Erstellung der letzten Bauabschnitte wurde schließlich eine weitere Arbeitsebene über Gerüsttürme auf einer Höhe von ca. 21,0 m erstellt.



Mehr als 2000 m<sup>2</sup> runde und dreidimensional gewölbte Sonderschalungen für die komplexe Geometrie der Kuppel hat der Doka-Fertigservice maßgenau vormontiert.

Foto: Doka

## 6.1 Schalung

Wegen der anspruchsvollen Geometrie des Stahlbetonbauwerks haben Bauherrin, Architekten und Tragwerksplaner den Schalungslieferanten Doka schon in der Planungsphase hinzugezogen. Die Schalungstechniker konnten so schon zur Rohbauausschreibung wertvolle Hinweise für einen termingerechten Bauablauf und zu wirtschaftlichen Schalungskonzepten einbringen. Damit lag allen interessierten Baufirmen schon in der Submissionsphase ein Konzept vor, das schließlich zusammen mit der ausführenden Bauunternehmung auf die tatsächlichen Anforderungen abgestimmt und nochmals optimiert wurde. Dabei wurden die Schalungs- und Ablaufplanung sowie der Materialabruf konkretisiert. In den wichtigsten Phasen war dazu ein Schalungskoordinator vor Ort. Der zeitweise Einsatz eines erfahrenen Richtmeisters gab der Baustellenmannschaft Sicherheit im Umgang mit den nicht alltäglichen Schalungsgeometrien.

Größte Herausforderung der Schalungsplanung waren die Einsatzpläne für die dreidimensional gebogenen Flächen der Kuppel. Für die komplexe Geometrie wurden Wandchalungen aus dem Baukasten der Träger-

schalung Top 50 eingesetzt. Der Doka-Fertigservice hat dazu insgesamt mehr als 2000 m<sup>2</sup> runde und dreidimensional gewölbte Sonderschalungen maßgenau vormontiert. Die Elemente wurden just-in-time zur Baustelle geliefert.

Oberhalb der bis zu 7,00 m hohen senkrechten Wandflächen des Gebäudes beginnen ab der Decke über dem Mezzaningeschoss die gewölbten Kuppelschalen. Ab hier wurde das Bauwerk in 3,25 m hohe Betonierabschnitte eingeteilt, wobei die Schalung schrittweise auf dem mitwachsenden Traggerüst Staxo 100 aufsetzte. Zunächst dienten dieselben Schalsätze zur Herstellung der geometrisch sehr ähnlichen Abschnitte. Danach erfolgte der Umbau der Elemente für den nächsten Einsatz – mit exakt definierten, aber vor Ort einfach herzustellenden Schnitten.

Das Traggerüst Staxo 100 diente zu Beginn in den unteren Bauabschnitten noch ausschließlich als Arbeitsgerüst mit sehr geringen Stiellasten. Hier war allerdings bereits berücksichtigt, dass damit Monate später in bis zu 36,00 m Höhe ohne Umbaumaßnahmen das gesamte Betongewicht aus immerhin 0,50 m bis 1,00 m dicken auskragenden

und schräg geneigten Kuppelabschnitten sicher abgetragen werden konnte. Bis zum Einbau der statisch aussteifenden Stahl-Ringverbindungen zwischen den Bauteilen war das Traggerüst damit nicht nur für die Schalungsarbeiten ausgelegt, sondern als Lehrgerüst in das Tragwerkskonzept integriert.

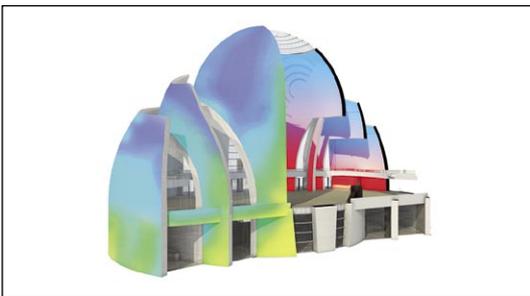
Auch die Nebengebäude wurden komplett mit Doka-Schalung erstellt. Hier setzt Nuha-Bau die schwere Rahmenschalung Framax Xlife und die Deckenschalung Dokaflex aus dem Eigenbestand ein.

## 7 Schlussbetrachtung

Der Bau dieses außergewöhnlichen Gebäudes konnte nur gelingen, indem von Beginn der Planung an alle Beteiligten Hand in Hand arbeiteten und sich jeder Einzelne über seinen Fachbereich hinaus einbrachte. Der Wille zur erfolgreichen Errichtung des Bauwerks in der gewünschten Qualität und mit seinen besonderen Anforderungen bestimmte die Denkweise und das Handeln aller Beteiligten vom Entwurf bis zur Ausführung und sollte ein Beispiel dafür sein, wie die Zusammenarbeit auch bei jedem anderen Bauvorhaben optimiert werden kann.

# MATERIAL OPTIMIERUNG SICHERHEIT

/ NEUES DENKEN / IDK NEXT GENERATION /  
www.idk-koeln.de



## / BPLUS / IHRE VORTEILE /

- > Ein Joint Venture aus IDK und ISRW Dr.-Ing. Klapdor. 100 Jahre Marktpräsenz, 70 qualifizierte Mitarbeiter aus den Bereichen Statik und Bauphysik
- > Entwicklung von nachhaltigen Konzepten für die Bauphysik (Wärme, Energie, Akustik und Schall)
- > Intelligente Lösungen aus Tragwerk und Material (Bauteileoptimierung, Baustoffauswahl, Bestandsanalysen)



## / FIRE & RISK PLUS / IHRE VORTEILE /

- > Ein Joint Venture aus IDK und der Ökotec-Gruppe. 70 Jahre Marktpräsenz, 60 qualifizierte Mitarbeiter aus den Bereichen Statik und Brandschutz
- > Integrative und ganzheitliche Lösungsansätze. Planung, Realisierung, Behörden-, bzw. Abnahmemanagement (FireTec)
- > Qualifizierte Beratung durch spezialisierte Anwälte (JurTec) für einen optimierten und wirtschaftlichen Brandschutz
- > Individuelle und erfolgsorientierte Honorarmodelle. Partizipieren an den Einsparungen



# QUERDENKEN MITDENKEN WEITERDENKEN

## / KERNKOMPETENZ HOCHBAU /

### / DIENSTLEISTUNGEN /

- > Tragwerksplanung
- > Bauphysik / Brandschutz
- > Wirtschaftlichkeitsanalyse
- > Technische Due Dilligence
- > Bauwerksprüfung
- > Nachhaltigkeit / Zertifizierung



### / BETÄTIGUNGSFELDER /

- > Bürobau
- > Gewerbebau
- > Wohnungsbau
- > Bauen im Bestand
- > Sonderbauten
- > Öffentliches Bauen



## / NEUES DENKEN / IDK NEXT GENERATION /

 **IDK** KLEINJOHANN · KÖLN  
Beratende Ingenieure für das Bauwesen · VBI

**Hauptsitz:**  
IDK KLEINJOHANN GmbH & Co. KG  
Clemensstraße 10  
50676 Köln

T: 0221 . 921637 . 0  
F: 0221 . 921637 . 59

E: [info@idk-koeln.de](mailto:info@idk-koeln.de)

**Niederlassung:**  
IDK GmbH & Co. KG  
Hochbaumstraße 48  
14167 Berlin

T: 030 . 790985 . 0  
F: 030 . 790985 . 99

W: [www.idk-koeln.de](http://www.idk-koeln.de)