

Mit Teamwork zum Kacst Headquarter

K. Bollinger, M. Grohmann, S. Ruppert

Das streng konservativ-wahhabitisch regierte Königreich Saudi-Arabien (KSA) stellt aktuell die größte Volkswirtschaft in der arabischen Welt. Ist KSAs Wirtschaft bis dato noch weitgehend abhängig vom globalen Ölmarkt, will das Land mit seiner stetig wachsenden Bevölkerungszahl mittelfristig diese monostrukturelle Ausrichtung aufgeben und arbeitet strategisch an einer Diversifikation seiner Wirtschaft.

Dem Ausbau der Infrastruktur des Landes kommt in diesem Zusammenhang maßgebliche Bedeutung zu. Die neue Hochgeschwindigkeitsbahn von Dschidda nach Mekka und Medina sowie der Bau der Riad Metro seien hier nur exemplarisch genannt. Neben der Infrastruktur erlebt mit dem Hochbau ein weiterer Sektor des Bauwesens stetigen konjunkturellen Aufschwung. Exemplarisch mögen die Leuchtturmprojekte Jeddah Tower und Riads King Abdullah Financial District aufgeführt sein.

Seit über zehn Jahren sind Bollinger+Grohmann Ingenieure nunmehr an Bauvorhaben in KSA beteiligt. Beginnend mit dem Criminal Court gemeinsam mit AS+P Albert Speer und Partner (Frankfurt) über die Prince Salman Science Oasis und die King Fahad Nationalbibliothek mit Gerber Architekten (Dortmund) bis zu den Makkah Metro C-Line Stations mit Snøhetta (Oslo) konnten wir Erfahrungen bei der Planung und Realisierung von Bauwerken auf der arabischen Halbinsel sammeln. Zuletzt wurde das Headquarter der King Abdullah City for Science and Technology (KACST) in Riad realisiert, welches sich nachfolgend ausführlicher vorgestellt findet (Bild 1 und Bild 2).

1 Teamwork

Nach unserer Erfahrung ist ein gut harmonisierendes Team Voraussetzung zur Realisierung eines komplexen Bauvorhabens. Zu diesem gehören neben dem Planungsteam selbstverständlich auch der Bauherr sowie die Baufirma. Im vorliegenden Fall des KACST Headquartiers möchten wir uns hierbei für die Zusammenarbeit bei den Architekten

Prof. Dr. Klaus Bollinger

Bürogründer und Inhaber, Geschäftsführung

Prof. Manfred Grohmann

Bürogründer und Inhaber, Geschäftsleitung

Simon Ruppert

Partner, Geschäftsführung; Projektleiter

Bollinger und Grohmann Ingenieure

Westhafenplatz 1, 60327 Frankfurt am Main

office@bollinger-grohmann.de, www.bollinger-grohmann.com

Tel. 069-24 00 07-0, Fax 069-24 00 07-30



Bild 1. Ansicht; Rendering KACST Headquarter

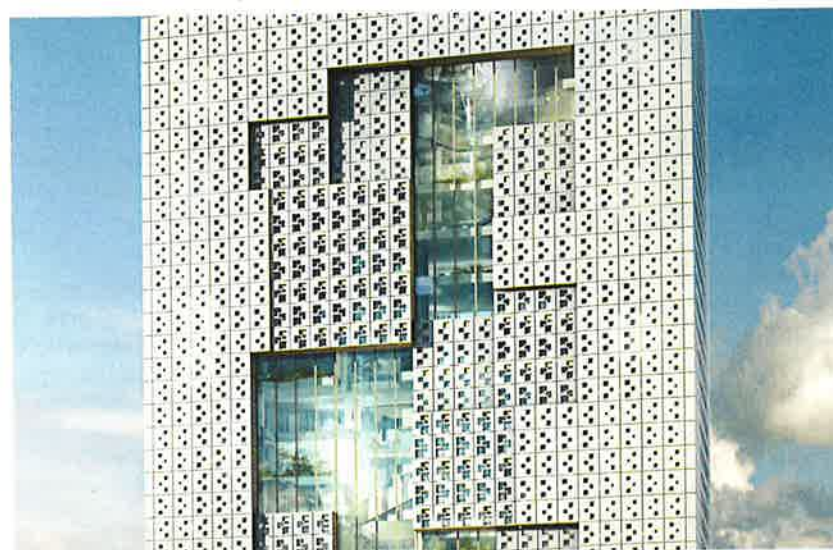


Bild 2. Ansicht; Rendering KACST Headquarter

von Lava (Stuttgart), deren Gesellschaft LavaNation (Dubai) bis zum Schematic Design auch unser Auftraggeber war, sowie der Baufirma ABV Rock (Riad), unserem Auftraggeber ab inklusive Design Development, bedanken. Besonders die intensive und offene Abstimmung mit den Projektleitern und Polieren von ABV Rock ermöglichte die erfolgreiche Umsetzung der komplexen Struktur.

2 Projekt

Die King Abdullah City for Science and Technology ist ein neuer Forschungscampus mit einer BGF von über 70 000 m² in Riad (Bild 3). Der Campus besteht aus verschiedenen Forschungsbauten mit Büros und Laboratorien, dem KACST Headquarter und einem unterirdischen Parkhaus. Das KACST Headquarter stellt mit seinen 20 Geschossen den Hochpunkt des Campus dar. Der Bauherr wünschte zwecks Adressbildung ein Bauwerk mit Leuchtturmcharakter, dessen architektonischer Entwurf den lokalen klimatischen Bedingungen gerecht wird. Den Nutzern sollen offe-



Bild 3. Schnitt; Rendering; KACST Headquarter

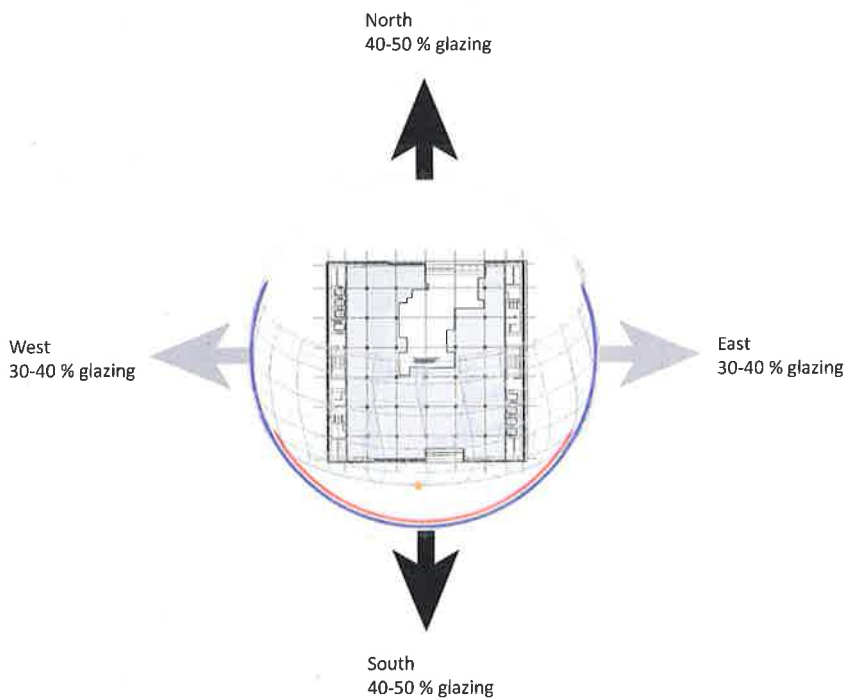


Bild 4. Orientierung

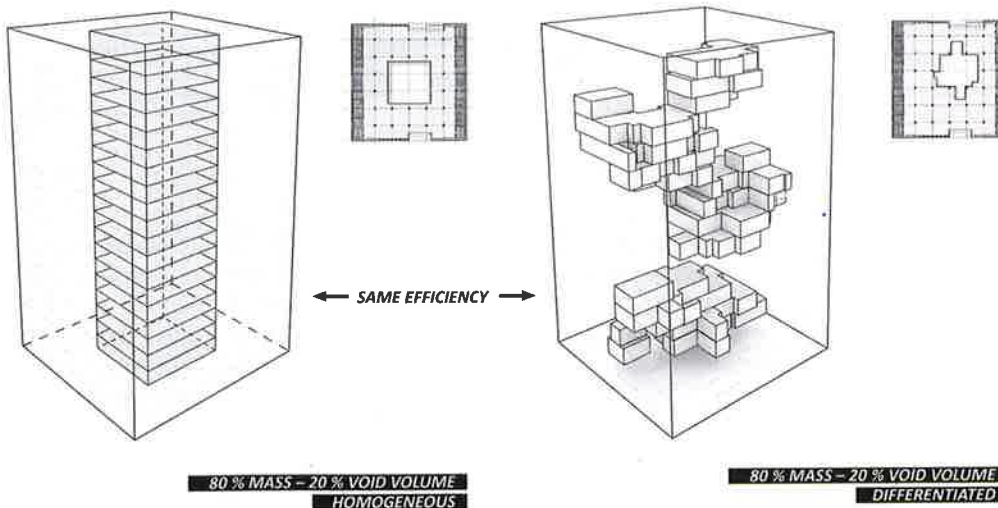


Bild 5. Konzept Atrium

ne, flexibel unterteilbare Geschossflächen zur Verfügung stehen.
Unnötig zu erwähnen, dass für den gesamten Campus höchste Anforderungen bezüglich Nachhaltigkeit und Energieverbrauch gestellt werden.

3 Lokal

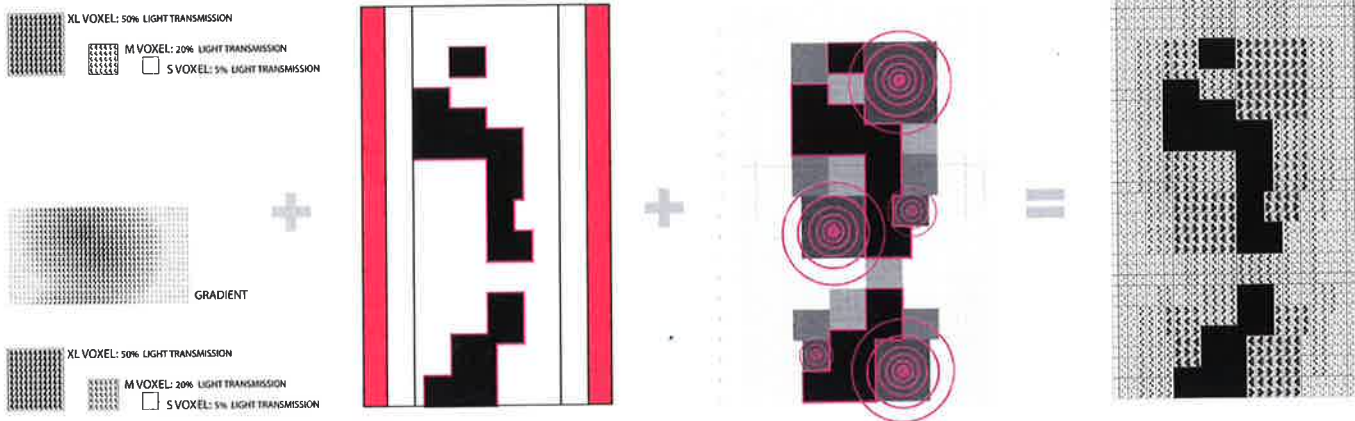
Beim internationalen Bauen empfiehlt sich aus deutscher Perspektive immer die Auseinandersetzung mit lokalen Besonderheiten. Das Planen und Bauen im KSA stellt hier keine Ausnahme dar.

Beispielsweise ist die Kenntnis des an die amerikanische Normung angelehnten Saudi Building Code (SBC) notwendig. Zwar wurde seitens der Tragwerksplanung der Eurocode als Standard vereinbart, jedoch musste spätestens im erfolgten unabhängigen Peer Review gezeigt werden, dass alle Planungsgrundlagen und darauf aufbauende Ergebnisse auch dem Nachweis nach SBC standhalten. Hieraus ergaben sich beispielsweise größere Stützenabmessungen für hochbelastete Stützen.

Neben der Normung spielt auf der arabischen Halbinsel selbstredend das heiße Klima eine wichtige Rolle bei der Planung eines Bauwerks. Aus technischer Sicht werden hiervon unter anderem die Betontechnologie, die Fugenplanung der Fassade und die Ermittlungen von Zwangsbeanspruchungen während und nach der Bauzeit beeinflusst. Auch sollte die Verfügbarkeit von Konstruktionsmaterialien im Vorfeld geklärt werden. So weist der üblicherweise in KSA eingesetzte Bewehrungsstahl eine geringere Streckgrenze gegenüber dem in Deutschland eingesetzten BSt500 auf. Für das KACST Headquarter mussten daher für die schlanken Fassadentragwerke in Abstimmung mit ABV Rock entsprechende Sonderstähle mit ausreichend Vorlauf bestellt werden.

4 Konzept

Unter Federführung von Lava konnte der ausgelobte Wettbewerb gewonnen werden. Die Architekten entwickelten von den Fachplanern unterstützt ein Gebäudekonzept, welches die vertikale Erschließung sowie die Nebenräume auf zwei Gebäudeseiten statt wie gewohnt im Gebäudekern vorsieht. Durch Anordnung dieser Kernspannen reduzieren sich die transparenten Fassadenflächen entlang der Ost- und



Solar Exposure

Opening ratio of facade pattern according to Saudi Arabian Building Code.

Opening of Canyons

Facade area after cut out of fully glazed void spaces.

Voxel Arrangement

Gradual differentiation in openings sizes according to internal spatial configuration and respective lighting requirements.

Facade Pattern

Geometry of the resulting facade pattern.

Bild 6. Pixelierung

Abb. 1-6: Copyright Lava

Westseite auf circa 30%–40% und gleichzeitig der energetische Bedarf zur Kühlung des Bauwerks (Bild 4).

Einhergehend mit diesem Konzept ergeben sich vollkommen offene Geschossflächen zwischen diesen Spangen, welche über großzügige Atrien belichtet werden. Das Volumen des Atriums wird jedoch nicht wie man im ersten Ansatz erwarten würde, zentral lotrecht in der Bauwerksmitte verortet. Vielmehr mäandert dieses Volumen über die Geschosse durch den Grundriss und bindet an Nord- und Südfassade an. Es schafft damit den gewünschten offenen Gebäudecharakter und bietet den Nutzern spannende Raumerlebnisse (Bild 5).

Die Nord- und Südfassade sind ebenfalls nur zu 40%–50% mit transparenten Flächen ausgestattet. Sie verfügen jedoch entgegen der Ost-/Westfassade über eine Plastizität, welche durch Vor- und Rückspringen einzelner Fassadenflächen erreicht wird. Im maximalen Einsprung lässt sich der Verlauf des Atriumvolumens im Innern in Form eines voll verglasten Bruchs ablesen.

Gestaltgebend für die Außenhautwar die Entscheidung, die Fassade zu pixelieren (Bild 6). Die auf den ersten Blick zufällige Verteilung der Öffnungsgrößen ist dabei Resultat intensiver Untersuchungen zur Belichtung der Geschossflächen und dem solaren Energieeintrag.

5 Fassade

Für die Außenfassade wurden Elemente im regelmäßigem Fassadenraster und faserverstärkte Betonbauteile entwickelt. Die Öffnungsdurchmesser der Pixelierung variieren je nach Innenraumkonfiguration und den jeweiligen Belichtungsanforderungen. Dieses für die Außenfassade gewählte Prinzip setzt sich im Inneren durch ein Wechselspiel von Glasbrüstungen, geschosshohen vollverglasten Wänden sowie massiven Stahlbetonbrüstungen fort.

Die opaken Fassadenelemente weisen ein Regelraster von 4,20 m x 1,875 m auf (Bild 7). Hierfür wurde eine Aluminiumrahmenkonstruktion entwickelt, welche beidseitig verkleidet werden konnte. Diese Konstruktion ist in der Lage,

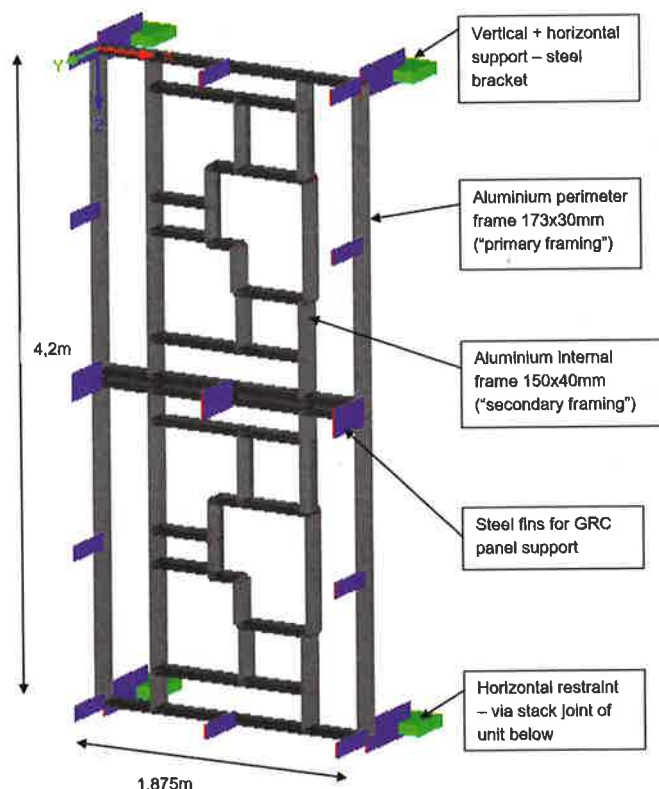


Bild 7. Fassadenelement

auf die gewählte Pixelgröße und das Verkleidungsmaterial (Fensterfläche, GRC-Panel, Innenpaneel) zu reagieren. Die Rahmen schließen über Konsolen am Rohbau an.

Die Glasfassade ist mit Isolierglasscheiben der Regelgröße 4,20 m x 1,875 m geplant. Die Glaselemente werden an einer Stahlunterkonstruktion befestigt, welche ihrerseits wiederum an der Betonkonstruktion angehängt wird.

Durch die hausinterne Planung von Fassade und Tragwerk konnten die zulässigen Verformungen sowie etwaig notwendige Fassadenverankerungskonstruktionen direkt koordiniert werden. So wurden einerseits die Verankerungs-

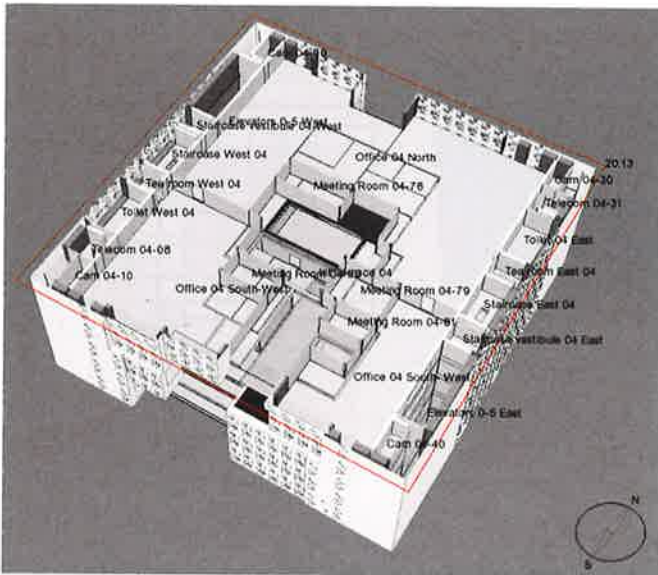


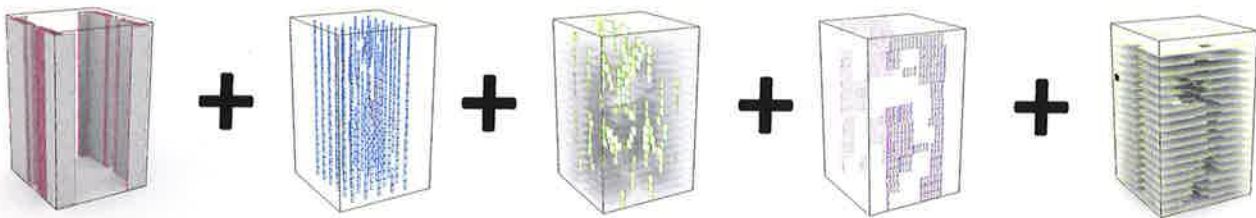
Bild 8. Simulationsmodell

möglichkeit in den extrem hoch ausgenutzten Tragwerken der Nord- und Südfassade garantiert, als auch die für die Glasfassaden zulässigen Rohbauverformungen eingehalten.

Im Zuge der Fassadenplanung wurden unsererseits Gebäudesimulationen zur Temperaturanalyse sowie Heiz- und Kühllastberechnung durchgeführt, um die Dimensionierung der TGA-Planung zu verifizieren (Bild 8). Die großen offenen Bereiche des Gebäudes sowie die Eigenverschattung durch die Fassadengestaltung mussten dabei detailliert berücksichtigt werden. In einer Variantenstudie wurden unterschiedliche Szenarien zu internen Lasten geprüft und der Einfluss der U-Werte der Fassade auf die Kühllast untersucht.

6 Tragwerk

Unterstützt vom Baugrundinstitut Franke Meißner und Partner (Wiesbaden) oblag uns zunächst die Verifikation der vor Ort durchgeführten geologischen Untersuchungen



Kernwandscheiben

Stützen

Fahnenwände

Tragende Fassade

Vorgespannte Flachdecken

Bild 9. Tragwerkselemente

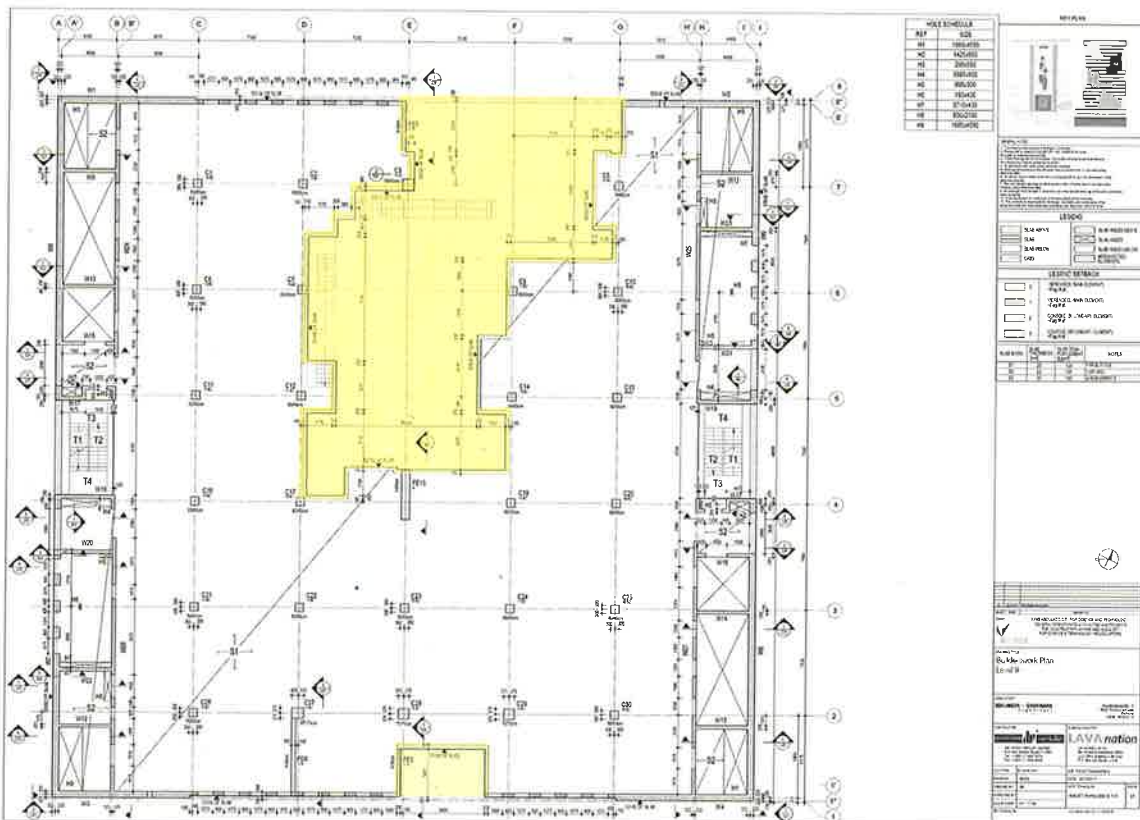
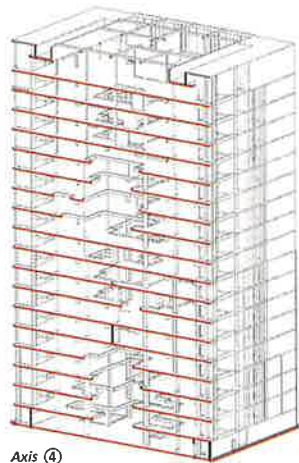
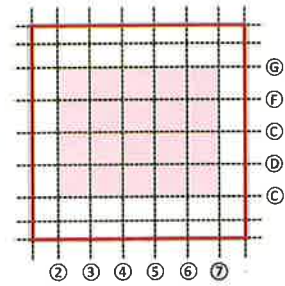


Bild 10. Exemplarischer Grundriss inklusive Deckenausschnitt des Atriums



Axis 4

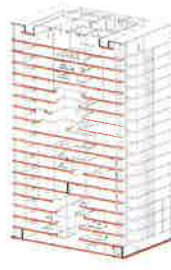
Column Grid



Axis 2



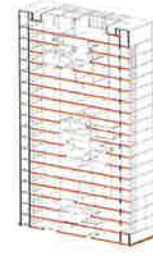
Axis 3



Axis 4



Axis 5



Axis 6



Axis 7

Bild 11. Gebäudeschnitte

und hierauf basierend die Planung der Baugrube, der Drainage sowie schlussendlich der Gründung. Letztere erfolgte mittels elastisch gebetteter Bodenplatte in einer – entgegen unserer Empfehlung – ohne Zwischenberme fast senkrecht ausgehobenen 11,15 m tiefen Baugrube.

Die Haupttragwerkselemente des komplexen Gesamtkonzepts bestehen aus den Kernwandscheiben, Stützen, Fahnenwänden, einer tragenden Fassade sowie vorgespannten Flachdecken (Bild 9).

Die Untergeschosse sind als konventioneller Stahlbetonbau geplant. Mittels Konsolen liegen die angrenzenden Tiefgaragendecken gleitend auf den Kelleraußenwänden. Doch mit Decke über Erdgeschoss endet die konventionelle Bauweise (Bild 10).

Während die aufgehenden aussteifenden Wandscheiben der Kernwandsperren noch konventionell vorlaufend hergestellt werden konnten, bedurfte der dazwischenliegende Gebäudeteil intensiver Entwicklungsarbeit (Bild 11).

Es galt, das Grundkonzept des mäandernden Atriums tragwerksseitig sowohl in den Ebenen der Nord- und Südfassade als auch im Gebäudeinnern aufzunehmen. Schnell war klar, dass eine Vielzahl der Stützen nicht grundfest durchlaufen kann, sollte das Grundkonzept nicht ad absurdum geführt werden. So frisst sich das Atrium durch das 7,50 m x 7,50 m-Stützenraster und durchschneidet mit seinem Luftraum den jeweils betroffenen Stützenstrang. Mehr noch galt dies für die beiden Fassadentragwerke, welche zum einen größtenteils nicht grundfest durchlaufen und zum andern senkrecht zur Fassade vor- und rückspringen (Bild 12).

In enger Abstimmung zwischen Architektur, Bauherr und Planungsteam wurde entschieden, den Lasttransfer der inneren Stützen mit Stützenlasten bis zu 22 MN mittels kurzer

Fahnenwände über jeweils drei Geschosse zu realisieren. Tragwerksseitig entsteht jeweils eine eingeschriebene Zugdiagonale, welche bei einem Hebelarm von drei Geschossen entsprechende Horizontallasten hervorruft. Diese sind über die 25 cm dicken vorgespannten Stahlbetonflachdecken in die Aussteifungswände weiterzuleiten. Auch dieser Lasttransfer musste mittels Scheibennachweisen weiterverfolgt werden, da die in jedem Geschoss unterschiedlichen Deckenränder oftmals keine direkte Lastweiterleitung zulassen.

Ein ähnlicher Lastpfad wurde für die Fassadenseiten im Norden und Süden entwickelt. Zunächst schneiden die Vor- und Rücksprünge die Fassaden in einzelne mehrgeschossige

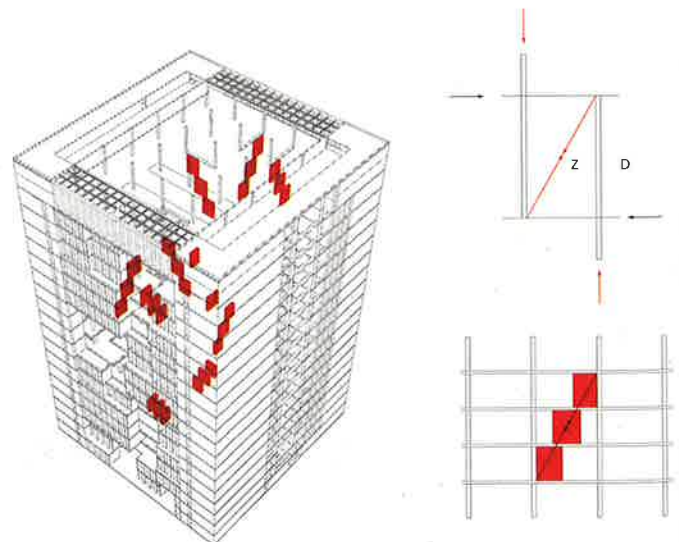


Bild 12. Lasttransfer Innenstützen

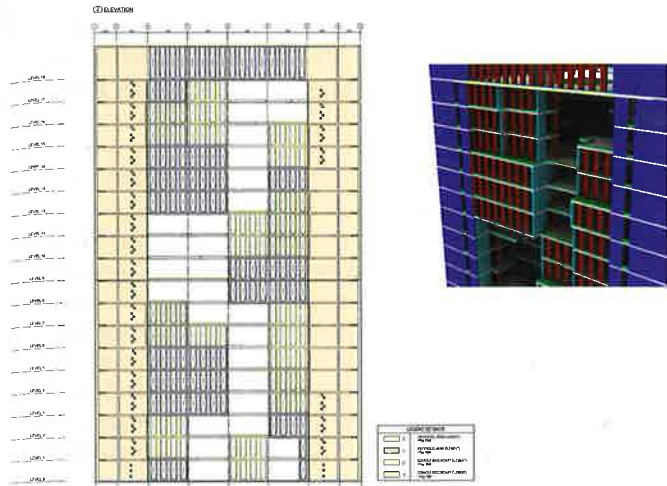


Bild 13. Lasttransfer N-/S-Fassade

ge Setbacks genannte Segmente, welche in ihren Übergängen zueinander in Deckenebene verbunden sind, jeweils abhängig vom Versatzmaß unterschiedlich steifer Konsolen. Sobald eine Glasfassade des Atriums eines der Setbacks anschneidet, ist der vertikale Lastpfad unterbrochen und es entsteht darüber liegend eine von der Kernspange auskragende Vierendeelkonstruktion (Bild 13 und Bild 14).

Da die Stützen- und Riegelquerschnitte der Fassadentragwerke aus verschiedenen Gründen limitiert sind, wurden analog zu den Innenstützen einzelne Fahnenwandscheiben senkrecht zur Fassade eingefügt. Diese lagern die Fassade im Innern auf einer Innenstütze auf, sobald die Tragstruktur mit gegebenen Abmessungen keine ausreichende Tragfähigkeit mehr aufweisen würde. Die Position dieser Fahnenwände wurde in einem iterativen Prozess innerhalb des Planungsteams abgestimmt.

Im Hochhauskopf findet sich schlussendlich die Eindeckung des Dachgartens mittels einer zugbeanspruchten

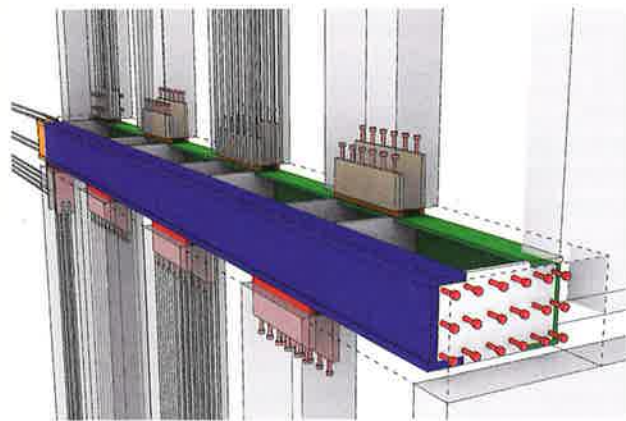


Bild 14. Einbauteile Fassade

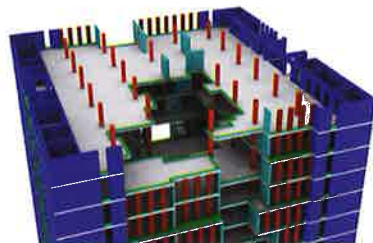


Bild 15. Atrium; von der Idee zum Bau

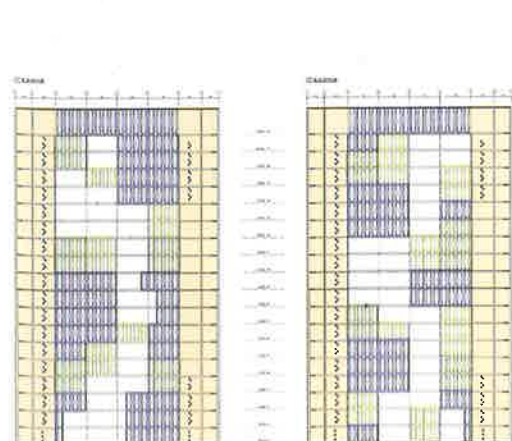


Bild 16. N-/S-Fassade; von der Idee zum Bau





Bild 17. Baustelle

Membrankonstruktion. Dabei müssen die Zugkräfte unter anderem in den frei über die oberste Geschossdecke ausragenden gebäudebreiten Vierendeelträger verankert werden.

Durch die enge Interaktion aller Tragwerksteile und insbesondere zur Sensitivitätsanalyse aller Bauteile hinsichtlich unterschiedlich steifer Auflagerbedingungen und deren Einfluss auf etwaige Lastumlagerungen wurden alle Berechnungen mit hausinternen Vergleichsrechnungen an unterschiedlich modellierten Systemen kalibriert. Allen vo-

ran sind hier die Berechnung der Fassade mittels 3D-Gesamtmodell und einzelnen 2D-Stabwerksmodellen sowie die Fahnenwandbemessung mittels händisch über Einflussflächen ermittelter Lasten.

7 Fazit

Das KACST Headquarter stellt höchste Anforderungen an Planung und Ausführung. Umso mehr freut uns die Zusammenarbeit mit den ausführenden Unternehmen, welche nach anfänglicher Skepsis überzeugt werden konnten, dieses komplexe Gesamtkonzept erfolgreich umzusetzen. Sie reihten sich nahtlos in das Planungsteam ein, welches mit viel Herzblut und Durchhaltevermögen alle Stimmen, dass dieses Ding unbaubar wäre, widerlegen konnte (Bild 15, Bild 16 und Bild 17).

KACST Projektdaten

| | |
|---------------------------------|---|
| Bauherr | King Abdul Aziz City for Science and Technology, Riad |
| Architekt | LAVA, Stuttgart |
| Tragwerks- und Fassadenplanung | Bollinger + Grohmann Ingenieure |
| Planungsteam | RMJM, London Al Omran, Riad |
| TGA | Battle McCarthy |
| Brandschutz | BB7 |
| Baufirma | ABV Rock, Riad |
| Planungsbeginn | 2013 |
| Voraussichtliche Fertigstellung | 2018 |
| BGF | 100 000 m ² |