

Das Ägyptische Museum in Kairo

Dr. - Ing. Holger Falter

Nicolas Sterling

Dipl. Ing. CNAM, Arch. DPLG

Zusammenfassung

Dieser Beitrag beschreibt das Projekt ‚Neubau des ägyptischen Museums in Kairo‘ unter dem besonderen Aspekt des Datenaustausches zwischen verschiedenen digitalen Bearbeitungsschritten. Es wird gezeigt wie die statische Berechnung mit SOFISTIK effizient in den Planungsprozess integriert wurde.

Summary

This article describes the project ‚new development for the Grand Egyptian Museum in Cairo‘ under the aspect of data transfer between different digital processes. It is shown how the structural calculation with SOFISTIK could be efficiently integrated in the design process.

1. Wettbewerb und Bebauungsplan

An dem vom ägyptischen Kulturministerium ausgelobten internationalen und offenen Wettbewerb zum Bau eines neuen nationalen ägyptischen Museums nahmen weltweit 1557 Teams aus 83 Ländern teil. Mit der Unterstützung von Arup auf der Tragwerksseite und Buro Happold in der Haustechnik ging das junge irische Architekturbüro Heneghan Peng als Wettbewerbssieger hervor. Das ‚Grand Museum of Egypt‘ wird am ersten Wüstenplateau ausserhalb Kairos, zwischen den Pyramiden von Giza und der Stadt Kairo gebaut werden. Das Museum wird gleichzeitig das grösste Museum für ägyptische Kunst und Archeology weltweit sein und eines der grössten Museen der Welt überhaupt.

Neben dem Museum ist ein Konferenzzentrum mit Bibliothek und Multimedia-Einrichtungen, ein grosses wissenschaftliches Gebäude für die Konservierung und Archivierung der Artefakte, sowie zahlreiche kleinere Bauwerke für Restaurants und unterirdische Passagen, geplant.

Der 50 Hektar grosse Bauplatz ist nur 2 km von den Pyramiden entfernt. Von der Museumsgalerie können alle drei Pyramiden bewundert werden. Der Masterplan sucht durch visuelle Achsen eine Verbindung vom Museum mit den Pyramiden. Gleichzeitig nimmt der Entwurf das bestehende Plateau und damit den Übergang von trockener Wüste zum vegetationsreichen Nildelta auf.

Das Museum füllt einen Raum zwischen imaginären auf die drei Pyramiden gerichtete Achsen. Im Grundriss liegen die Aussenwände des Museums auf den beiden äusseren Achsen. In der anderen

Richtung folgt die Gebäudekante zwei radialen Linien, welche visuell das Wüstenplateau mit dem modernen Kairo verbinden. Das Museum ist also architektonisch auch ein Symbol für die Überschneidung von antiker Vergangenheit und Modernität.

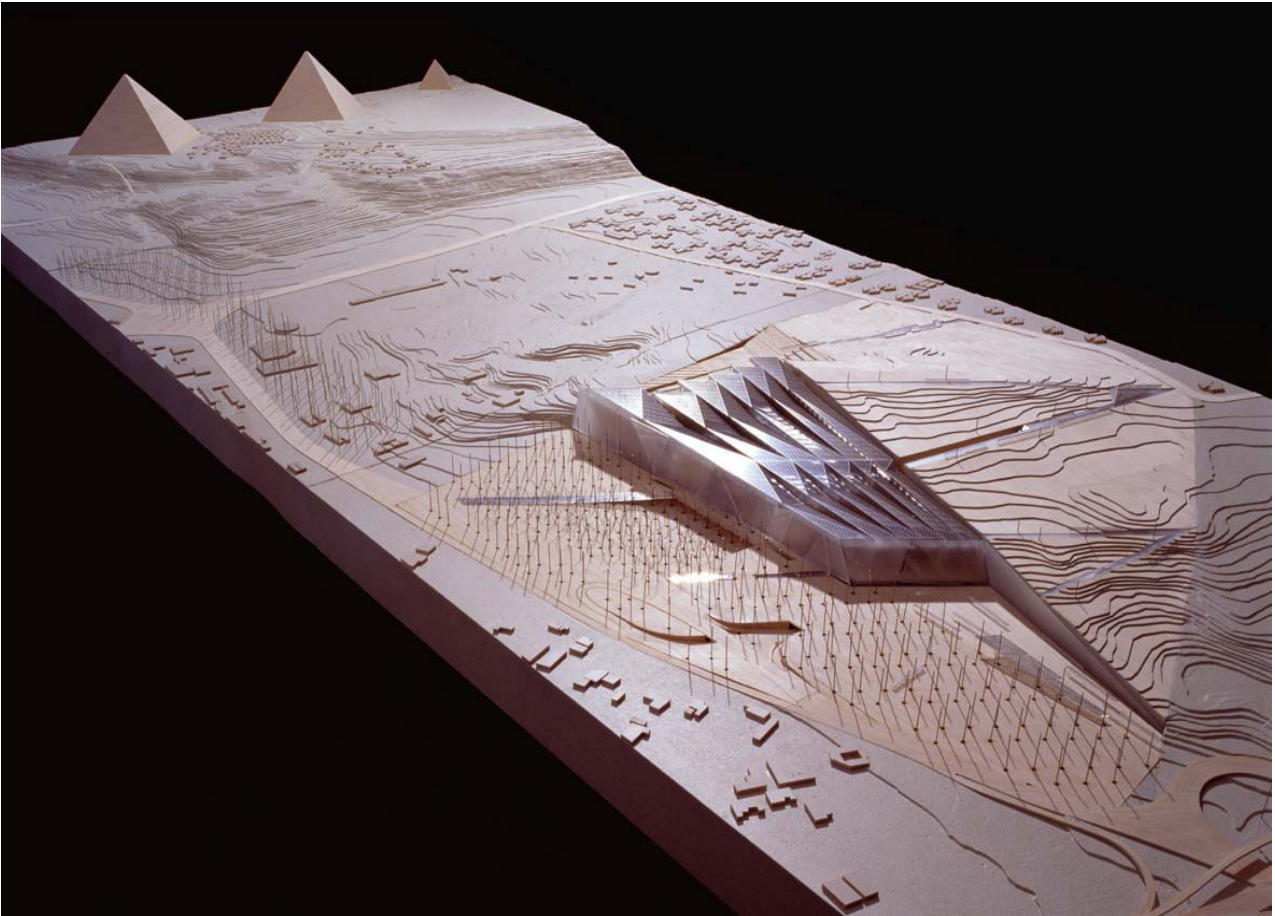


Abbildung 1: Bild vom Wettbewerbsmodell (© Heneghan Peng Architects)

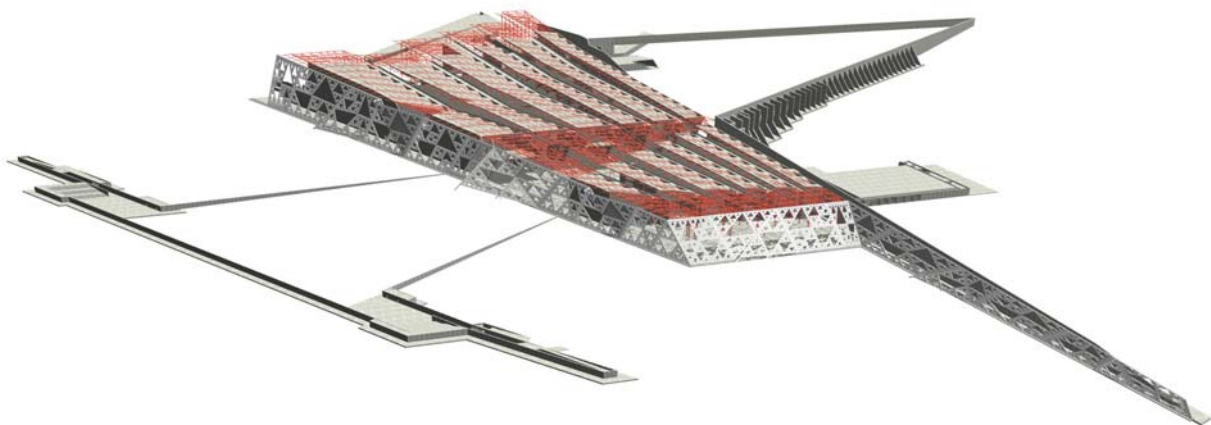


Abbildung 2: 3D Model vom Gesamtprojekt in Microstation Bentley (© Arup)

Geometry ist die gestaltbildende architektonische Idee für das Museum und die Landschaft. Dem Gebäude ist die bis zu 50 Meter hohe Hauptfassade bestehend aus einer triangulierten Stahlstruktur

mit dreieckigen transluzenden Steinen vorgestellt. Die Form und Grösse der Dreiecke entspricht der Fraktalgeometrie nach Sierpinski.

Das Wüstenplateau wird durch eine bis zu 34 Meter hohe Stützmauer gebildet. Bis zu 30 Meter auskragende Galleriebereiche und bis zu 40 Meter spannende Faltwerke aus Stahlbeton lassen grosszügige Räume entstehen.

2. WARUM SOFISTIK?

Sieht man einmal von der Stahl-Steinfassade ab, ist Stahlbeton das überwiegend verwendete Baumaterial.

Früh wurde die Entscheidung getroffen, die Tragwerksplanung mit Hilfe von SOFISTIK durchzuführen. Ausschlaggebende Gründe waren hierfür:

- Die Berücksichtigung von Erdbebenlasten bedarf eine Modellierung des gesamten Bauwerks in 3D.
- Verkehrslasten von bis zu 20kN/m² machen eine physikalisch nichtlineare Berechnung der Stahlbetondecken notwendig.
- Ein internationales Projekt profitiert von der Möglichkeit, verschiedene Internationale Normen anwenden zu können.
- Eine einfache Schnittstelle für die Eingabe der Geometry und zur Weiterbearbeitung der Ergebnisse ist notwendig.

3. GEOMETRY – STATISCHE BERECHNUNG – VISUALISIERUNG

Die Grösse des Bauvorhabens und nicht zuletzt die begrenzten finanziellen Mittel machten es notwendig, über eine effiziente Verknüpfung von Geometrieingabe – statischer Berechnung – Planproduktion und Visualisierung der Ergebnisse zu verfügen. Kommunikation zwischen den Partnern in Dublin, Bath, London und Kairo machen es darüber hinaus notwendig, über ein geeignetes Werkzeug zur Kommunikation zu verfügen.

3.1 Planerstellung mit Mikrostation Bentley

Von Anfang an wurden alle Bauwerke inklusive der Landschaft, Stützmauern, Wege und Strassen mit dem 3D Packet Bentley Structures modelliert (siehe Abbildung 2). Dies ermöglicht eine automatische Berücksichtigung von Änderungen in allen davon betroffenen Plänen.

Wünschenswert wäre es gewesen, das Bentley Modell direkt in SOFISTIK einzulesen, was derzeit leider noch nicht möglich ist. Es musste daher auf ein anderes Programmpacket, in diesem Fall RHINO, zurückgegriffen werden.

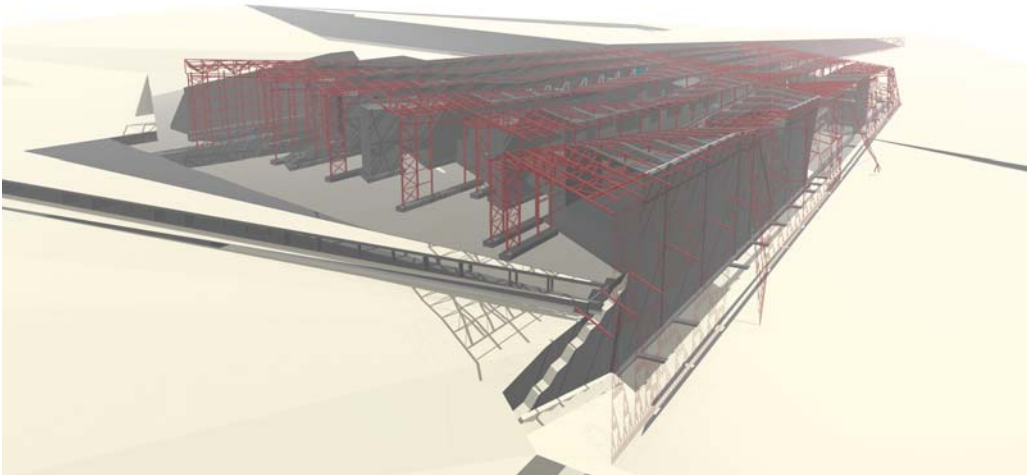


Abbildung 3: 3D Model vom Museum in Microstation Bentley (© Arup)

3.2 Rhino und Sofistik

Auch ein einfaches Einlesen des Bentley Modells in RHINO war nicht möglich. Das RHINO Modell musste daher von Grund auf neu aufgebaut werden.

Die Grösse der Modelle und die Vielzahl von verschiedenen Flächen machte es notwendig, RHINO-Dateien direkt in SOFISTIK einzulesen. Dies wurde mit Hilfe eines für dieses Projekt geschriebenen VBA-Routine möglich. Punkte und Flächen in RHINO können so als Polygone eingelesen werden und so direkt ein Teddy-Eingabefile bezüglich der Geometriedaten ausgegeben werden. Gruppieren und Ablegen in verschiedenen Layer machte es dabei einfach, auch die Lasten effizient einzugeben.

Lediglich Lasten, Lastkombinationen und Auflagerbedingungen müssen individuell in SSD eingegeben werden. Auch die Bauteildicke muss entsprechend der Layerbelegung manuell definiert werden.

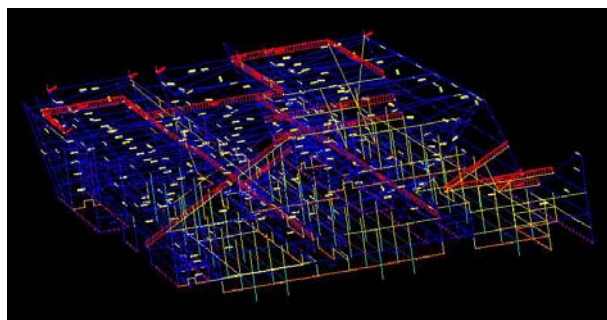
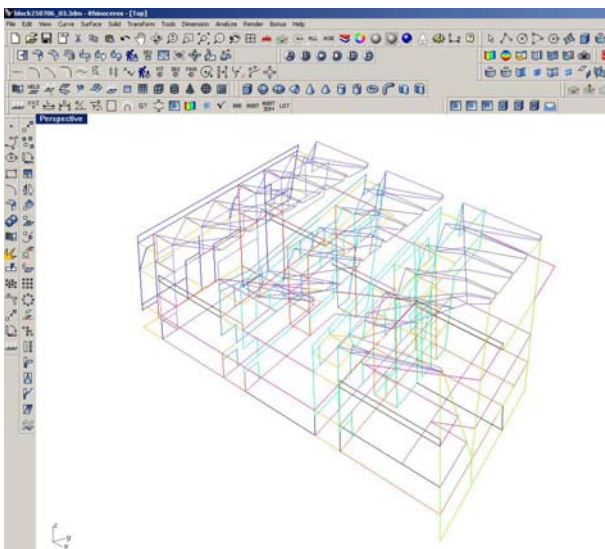


Abbildung 4: Teilmodel vom Museum in Rhino (links) und importiert in SOFISTIK (rechts) (© Arup)

3.3 Visualisierung mit Hilfe von RHINO

Für die Treffen mit den Kunden und den Architekten war es sehr hilfreich Modelle von geometrisch schwer beschreibbaren Bereichen zu haben. Auch hier war Rhino sehr hilfreich. Die Dateien konnten direkt von einer Prototyp-Maschine als 3D Kunststoffmodelle ‚gedruckt‘ werden.

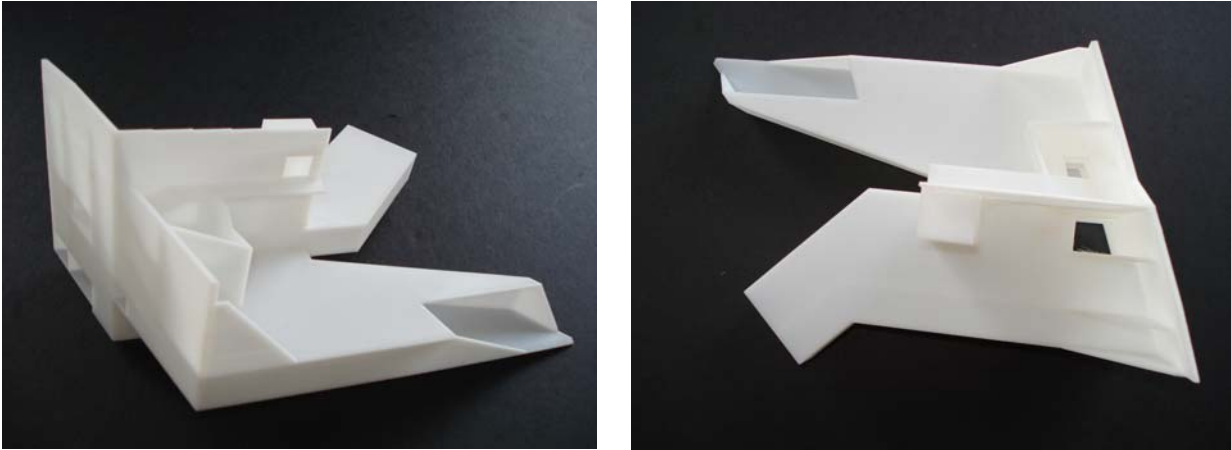


Abbildung 5: Kunststoffmodell von einem unterirdischen Verbindungsbauwerk (© Arup)

3.4 Bearbeitung in SOFISTIK

In der Entwurfsphase ‚Design development‘ war es notwendig mit Hilfe von SOFISTIK das Verhalten des Gebäudes im Lastfall Erdbeben hinsichtlich Schub, Auflagerkräfte und Verformung zu ermitteln.

SOFISTIK bietet die Möglichkeit zahlreiche internationale Responsspektren einzulesen. In diesem Fall wollten wir jedoch das in Ägypten kodifizierte Spektrum verwenden. Eine benutzerdefinierte Eingabe im TEDDY-File ist möglich, wir fanden jedoch die Eingabe der gewünschten Ergebnisse als recht aufwendig.

Das Museumsdach besteht aus einem Faltdach in Stahlbeton. In der frühen Entwurfsphase sahen wir Vorspannung oder eine Abspannung des Faltdaches mit Seiten vor, um zeitabhängige Verformungen ausreichend klein halten zu können.

Dank der Möglichkeit der physikalisch nichtlinearen Berechnung mit SOFISTIK ist es möglich auf beides zu verzichten. Ein Nachweis ist allein mit schlaffer Bewehrung möglich. Die durchgeführte Parameterstudie zeigt klar die Abhängigkeit vom Bewehrungsgrad, Kriechzahl und Verformung. Das Problem auf das wir trafen ist, dass es leider derzeit mit SOFISTIK noch nicht möglich ist, nicht orthogonale Bewehrung physikalisch nicht linear zu rechnen.

Für die Weiterbearbeitung der Ergebnisse, zum Beispiel für die Berechnung der Fundamentgrößen, war es sehr hilfreich, dass Daten einfach als Textfile für weitere nicht SOFISTIK orientierte Anwendungen exportiert werden können.

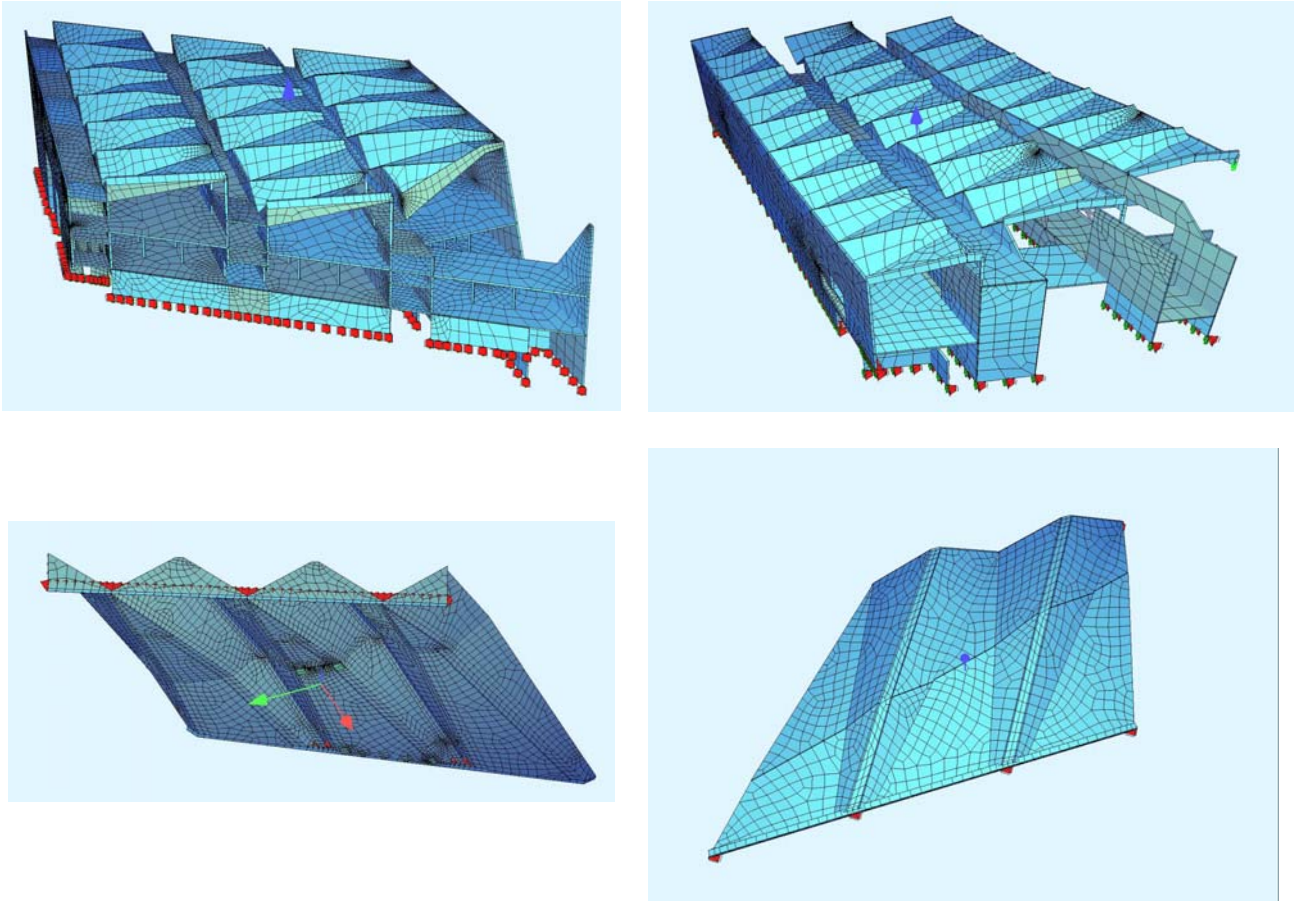


Abbildung 6: FE Modelle von einem Teilbereich des Museums und das 40 Meter spannende Falwerk (© Arup)

3.5 Visualisierung in Quest 3D und Google Earth

Zur grafischen Visualisierung war es möglich das ED-Bentley Modell in Google Earth einzulesen und das komplette Gebäude in Quest3D darzustellen. Die Visualisierung mit Quest3D erlaubt auf beliebigem Weg durch das Gebäude zu ‚gehen‘.

4. FAZIT

Bei der bisherigen Planung zum Neubau des Grand Egyptian Museum war es für die Planer sehr wichtig auch im Hinblick auf die Logistik ein gutes Software Packet zu haben. Die nicht nur auf grafische Eingabe basierende Philosophie von SOFISTIK war dabei von grösster Bedeutung. Für das Falwerk und den Nachweis der Museumsdecken war es unerlässlich, die Möglichkeit der nichtlinearen Berechnung zu haben. Einige andere hier nicht erwähnten nicht alltägliche Anwendungen wurden durchgeführt. An dieser Stelle ein Dank an das SOFISTIK Support Team!!