



Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Lienz

A-9900 Lienz – Maximilianstraße 11

Vorwissenschaftliche Arbeit

## **Architektur – Santiago Calatrava**

*Welche Gemeinsamkeiten lassen sich bei den nachmodellierten Bauwerken bezüglich des Stils und der Formgebung feststellen?*

vorgelegt bei Prof. Mag. Harald Wittmann

von Andrea Noelle Schorn 8Cm

Lienz, 16. Februar 2015

# Abstract

Die erstellte Arbeit befasst sich mit dem Ziel der grafischen Nachgestaltung Calatrava'scher Bauten mit dem CAD-Programm Rhino. Im Besonderen sind dies die beiden gegensätzlichen Gebäudearten „Parabelhallen“ und „Turning Buildings“, die jeweils bezüglich ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede, ihres Verwendungszweckes und ihrer Auslegung analysiert werden.

Um das Calatrava'sche Werk in seiner Vielfältigkeit weiter zu behandeln, wird eine Untergliederung vorgenommen und dazu ergänzend grafische Nachmodellierungen seines architektonischen Schaffens über einen erweiterten Umfang erstellt.

Bei der umfassenden Betrachtung des Gesamtwerkes durch Augenschein und Literatur sind so manche Formgebungen, Aneinandergliederungen, Oberflächengestaltungen und Werkstoffe als prägend in Erscheinung getreten.

Im Zuge des Studiums des Gesamtwerks sind eigene architektonische Neigungen zu Tage getreten. So sind sowohl die Parabelhalle in leicht abgeänderter Form auf ein bestehendes Gebäude gesetzt als auch einem ruhend ausgerichteten Gebäude die Calatrava'sche „Drehung“ angediehen worden.

# Vorwort

Im Rahmen des Tages der offenen Tür am Bundesgymnasium und Bundesrealgymnasium Lienz im Februar 2007 besuchte ich dort einige Vorführ-Veranstaltungen der einzelnen Schulfächer. So kam ich auch in einen Informatiksaal, in dem auf mehreren Bildschirmen bewegte Abbildungen dargestellt waren. Mein Vater und ich bekundeten unser Interesse an den gezeigten Bogenstrukturen. Herr Prof. Mag. Harald Wittmann kam, das Interesse bemerkend, auf uns zu, erläuterte die zur Schau stehenden Bilder und ergänzte, dass es sich hierbei um Nachmodellierungen des weltberühmten Architekten Santiago Calatrava handelt. So kamen Prof. Wittmann und mein Vater ins Gespräch.

Mein Vater schilderte, dass er zeitgleich mit S. Calatrava die Eidgenössische Technische Hochschule in Zürich besuchte und auch einige Zeit im selben Studentenhaus wohnte.

Auf unseren Reisen besuchten wir immer wieder Bau- und Kunstwerke von Architekten und so wurde mein geometrisches Auge in dieser Disziplin geschult.

Auch in der 7. und 8. Schulstufe im Unterrichtsfach Geometrisch Zeichnen wurde ich durch Prof. Mag. Wolfgang Mairhofer, der mich im Unterricht zusätzlich forderte und im weiteren Sinne auch förderte, in meinem schon bestehenden Interesse zur grafischen Gestaltung angespornt. So stand mein Beschluss fest, mich dorthin bewegend zu vertiefen.

Im Rahmen einer Schweiz-Reise im September 2012 nahm ich mir vor, Santiago Calatrava in seinem Büro in Zürich zu besuchen. Obwohl er sich gerade in einer Besprechung befand, nahm er sich viel Zeit und schenkte mir mehrere Bücher mit Zeichnung und persönlicher Widmung. Diese Bücher sind es, die die Grundlage für diese Arbeit darstellen. Bei der Gelegenheit zeigte er mir auch seine Modellwerkstätte und erläuterte mir einige seiner aktuellen Modellbauten.

Ein Jahr später besuchte ich ihn ein weiteres Mal und erzählte ihm von meinen Plänen, diese vorwissenschaftliche Arbeit über sein Werk zu schreiben.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><u>EINLEITUNG</u></b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><u>DER ARCHITEKT DR. DIPL. ING. ETH SANTIAGO CALATRAVA</u></b>	<b>2</b>
<b>2.1</b>	<b>BIOGRAPHIE</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>ÜBERBLICK ÜBER DAS HIER BEHANDELTE ARCHITEKTONISCHE SCHAFFEN</b>	<b>3</b>
2.2.1	CIUDAD DE LAS ARTS Y LAS CIENCIAS	3
2.2.2	MILWAUKEE ART MUSEUM	9
2.2.3	HOCHHÄUSER	9
2.2.4	OLYMPIAKOMPLEX ATHEN	9
2.2.5	UNTERGRUNDSTATION WORLD TRADE CENTER, NEW YORK	10
2.2.6	AUSZEICHNUNGEN UND LEBENSWERK	10
<b>3</b>	<b><u>GRUNDLEGENDE EINTEILUNG DER BAUWERKE</u></b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>BRÜCKEN</b>	<b>11</b>
3.1.1	„ALPINE BRIDGES“	11
3.1.2	SÄULEN-SPANNSEIL-BRÜCKEN	14
3.1.3	BOGENTRAGWERK-BRÜCKEN	15
<b>3.2</b>	<b>BEWEGTE BAUSTRUKTUREN</b>	<b>20</b>
3.2.1	TEILBEWEGTE BAUSTRUKTUREN	20
3.2.2	SCHEINBAR BEWEGLICHE BAUSTRUKTUREN	23
<b>3.3</b>	<b>FILIGRANBAUWERKE</b>	<b>25</b>
3.3.1	SKELETT-BAUWEISE	25
3.3.2	VERÄSTELUNGS-BAUWEISE	28
<b>3.4</b>	<b>HOCHHÄUSER</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b><u>GEGENÜBERSTELLUNG „TURNING TORSO“ UND „CHICAGO SPIRE“</u></b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>„TURNING TORSO“, MALMÖ</b>	<b>33</b>
<b>4.2</b>	<b>„CHICAGO SPIRE“</b>	<b>34</b>
<b>4.3</b>	<b>GEGENÜBERSTELLUNG</b>	<b>39</b>
4.3.1	UNTERSCHIEDE	39
4.3.2	GEMEINSAMKEITEN	41
<b>5</b>	<b><u>CALATRAVA'S LIEBLINGSELEMENT „DER BOGEN“</u></b>	<b>42</b>

<b>5.1</b>	<b>„L'UMBRACLE“, VALENCIA</b>	<b>42</b>
<b>5.2</b>	<b>„L'AGORA“ IM OLYMPIAKOMPLEX, ATHEN</b>	<b>44</b>
<b>5.3</b>	<b>MEINE IDEE EINER ERGÄNZUNG: „MARINA BAY SANDS“ HOTEL, SINGAPUR</b>	<b>46</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>49</b>
<b>7</b>	<b>VERZEICHNISSE</b>	<b>50</b>
<b>7.1</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>50</b>
<b>7.2</b>	<b>QUELLEN- UND LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>ERKLÄRUNG</b>	<b>53</b>

# 1 Einleitung

Santiago Calatrava gehört zu den weltweit bedeutendsten Architekten unserer Zeit. Die Vorbildlosigkeit und Einzigartigkeit seiner kühnen Bauvorhaben verleihen ihm Anerkennung aus allen Kreisen.

In dieser Arbeit werden ausgewählte Bauwerke S. Calatrava's analysiert und verglichen. Dies geschieht im Zuge der Nachmodellierung mit dem CAD-Programm Rhino. Da seine tragenden und dekorierenden Strukturen überwiegend der belebten Natur entnommen und ihnen somit die Gerade und der definierte Winkel fremd sind, stellt es als Hauptziel der Arbeit, die in der möglichst wirklichkeitsgetreuen Nachmodellierung liegt, eine besondere Herausforderung dar.

Zunächst werden die verschiedenen Bauwerke nach Eigenheiten geordnet. Im Rahmen der Gliederung wurde versucht, Gebäudearten aus allen Schaffensbereichen grafisch nachzubilden.

Aufgrund der Augenscheine an den Standorten der Bauwerke, der beiden Besuche im Hauptatelier des Architekten in Zürich und ergänzend des von Philip Jodidio verfassten Buches „Complete Works 1979-2007“ (Taschen, 2007) werden besonders die Parabelhallen in Valencia und Athen sowie die überwiegend menschlichen Aufenthaltes dienenden aufragenden Gebäude in Malmö und Chicago verglichen. Diese beiden Baumuster wurden bezüglich ihrer Gemeinsamkeiten und Unterschiede betrachtet.

Schließlich wurden die ursprünglichen Darstellungen in leicht geänderter Ausführung im Calatrava'schen Sinne mit eigenen Ideen ausgestattet und dargestellt.

## 2 Der Architekt Dr. Dipl. Ing. ETH Santiago Calatrava

„Ich hätte doch Künstler werden sollen“, sinnierte Santiago Calatrava, als ich ihn im September 2012 in seinem Architekturbüro in Zürich besuchte und er gerade damit beschäftigt war das mir gewidmete Buch „Complete Works 1979-2007“ im Format 46 x 34 cm mit einem Aquarell auszuschnücken. Während er dieser Tätigkeit in seinem Zeichenatelier nachging, erwähnte er noch: „Das sind gute Wasserfarben. Die habe ich in Russland gekauft.“ Kurz zuvor stellte er in der Eremitage aus.

Er erkundete sich über meine schulischen Vorhaben und ich gab an, nach meinem Abschluss am BG/BRG Lienz auch an der ETH Zürich studieren zu wollen. Als ich dabei war mich zu verabschieden, brachte er an: „Andrea, wenn du einmal Hilfe brauchst, ich helfe dir - ich kann dir helfen.“<sup>1</sup>

### 2.1 Biographie

Santiago Calatrava, geboren am 28. Juli 1951 nahe Valencia, Spanien, besuchte dort ab 1957 die Grundschule und das Gymnasium. Ab 1959 besuchte er auch die „Escuela d'Art i superior de disseny de Valencia“.

1964 reiste er als Austauschschüler nach Paris, wo er sich an der „École des Beaux-Arts“ bewarb. Aufgrund studentischer Unruhen kehrte er jedoch nach Valencia zurück und trat dort 1969 an der „Escuela Técnica Superior de Arquitectura“ ein. Er belegte dort die Studienrichtung Architektur und besuchte nach dessen Abschluss weiterführende Lehrgänge im Bereich des Städtebaus.

Als Architekt war sich S. Calatrava sehr bewusst, dass zur Gestaltung baulicher Anlagen, welchem Zweck sie auch immer dienen mögen, eine festigkeitsmäßige Auslegung erforderlich ist. Die Fähigkeit, auch diese festigkeitsmäßige Auslegung selbst ermitteln zu können, veranlasste ihn, sich an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (ETHZ), einer Hochschule mit weltweiter Berühmtheit, einzuschreiben. So begann er 1975 das Studium der Bauingenieurwissenschaften. Vier Jahre später schloss er mit dem Diplom des Dipl. Bau-Ing. ETH ab und führte sein Studium an

---

<sup>1</sup> Calatrava, Santiago: Besuch in seinem Büro in Zürich, September 2012

der ETHZ zwei weitere Jahre fort. 1981 wurde Santiago Calatrava zum Doktor der Technischen Wissenschaften im Fachbereich Architektur promoviert. Seine Doktorarbeit trägt den Titel „Zur Faltbarkeit von Fachwerken“. Nach kurzer Tätigkeit in einem Architekturbüro gründete er noch 1981 sein eigenes Büro in Zürich.<sup>2</sup>

## **2.2 Überblick über das hier behandelte architektonische Schaffen**

Wie zu erwarten war, dauerte es nicht lange, bis er Wettbewerbe mit ersten Aufträge für sich entscheiden konnte. 1983 wurde er mit der Neuplanung des Bahnhofes Stadelhofen im Zentrum von Zürich beauftragt, sowie für die Ummantelung des Lagerhauses des namhaften deutschen Herstellers von Bekleidung „Ernsting’s“. Schon dort war seine Vorliebe zur Bogenbauweise und sein Hang zur Möglichkeit der Gestaltänderung ersichtlich.

Darauf folgend begann er die „Bac-de-Roda - Felipe II-Brücke“ in Barcelona zu entwerfen. Die symmetrische, mit zwei Bögen getragene Brücke war eine der ersten, die die Wertschätzung Calatravas als Brücken-Architekt bestätigte. 1987 begann er mit der Planung der „Alamillo-Brücke“ in Sevilla, Spanien. Das Merkmal dieses Kunstwerkes ist der 142 m hohe Brückenpfeiler, der als Gegengewicht zum Tragen der Fahrbahn benötigt wurde.<sup>3</sup>

### **2.2.1 Ciudad de las Arts y las Ciencias**

Im Anschluss an weitere Aufträge in Spanien und Frankreich, die ihm zu weiterer Berühmtheit verholfen haben, wurde er mit dem Großauftrag betraut, die „Ciudad de las Arts y las Ciencias“, zu deutsch die „Stadt der Künste und Wissenschaften“, in Valencia zu projektieren. Auf einem 35 ha großen Gebiet, im ehemaligen Delta des Flusses Turía, im Osten seiner spanischen Heimatstadt entstand ein außergewöhnlicher, neuer Stadtteil, der weltweit seines gleichen sucht.

Während den mehr als 10 Jahren Bauzeit wurden dort sieben von Calatrava projektierte Bauvorhaben verwirklicht: „Palau de las Arts Reina Sofia“, „Puente de Montolivet“, „Hemisfèric“, „Museo de las Ciencias Príncipe Felipe“, „Umbracle“, „Puente de l’Assut de l’Or“ und „Agora“.<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> Vgl. Jodidio, Philip: Calatrava. Complete Works 1979-2007. Köln: Taschen, 2007 (Biography), S.516

<sup>3</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 99

<sup>4</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 217

- Am westlichen Ende beginnt die „Stadt der Künste und Wissenschaften“ mit dem Opernhaus, dem „Palau de las Arts Reina Sofia“. Als „Gag“, so bezeichnet S. Calatrava den witzigen Einfall selbst, legte er auf halber Höhe des Opernhauses einen Palmengarten an, welcher durch den seitlichen Ausschnitt des Gebäudes von natürlichem Sonnenlicht bestrahlt und vom Regen bewässert wird.



**Abbildung 1: Palau de las Arts Reina Sofia, Valencia**

- Die Brücke, „Puente de Montolivet“, überspannt ein Wasserbecken, das zwischen dem „Palau de las Arts Reina Sofia“ und dem „Hemisfèric“ angelegt worden ist. Ihre gestalterische Schönheit zeigt die Brücke, wenn sie vom Betrachter entlang des Wasserbeckens unterquert wird. Die tragende Struktur befindet sich unterhalb der Fahrbahn und ist somit in herkömmliche Brückenbauweise, jedoch mit herausstechender Formgebung, einzugliedern.



**Abbildung 2: Puente de Montolivet, Valencia**

- Das „Hemisfèric“, welches ein Planetarium und ein IMAX-Kino beherbergt, ist eingearbeitet in eine sich öffnen lassende Kuppel, die den Bewegungsvorgang eines öffnenden Augenlides beschreibt. Im Grundriss erscheint die Kuppel als Auges. Nicht nur von oben, sondern auch von den beiden Seiten erfasst man das augenförmige Objekt durchaus als menschenähnliches Sehorgan, insbesondere aufgrund der Tatsache, dass es sich in Mitten eines Wasserbeckens befindet, welches das Erscheinungsbild des bei Nacht beleuchteten Bauwerks weiter verstärkt. Calatrava-typisch sind auch die beiden sich wie Flügeltüren öffnenden Eingänge.<sup>5</sup>



**Abbildung 3: Ansicht des Hemisfèric mit geschlossenem (links) und geöffnetem (rechts) „Augenlid“, Valencia**

---

<sup>5</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 220



**Abbildung 4: Hemisfèric, Valencia**

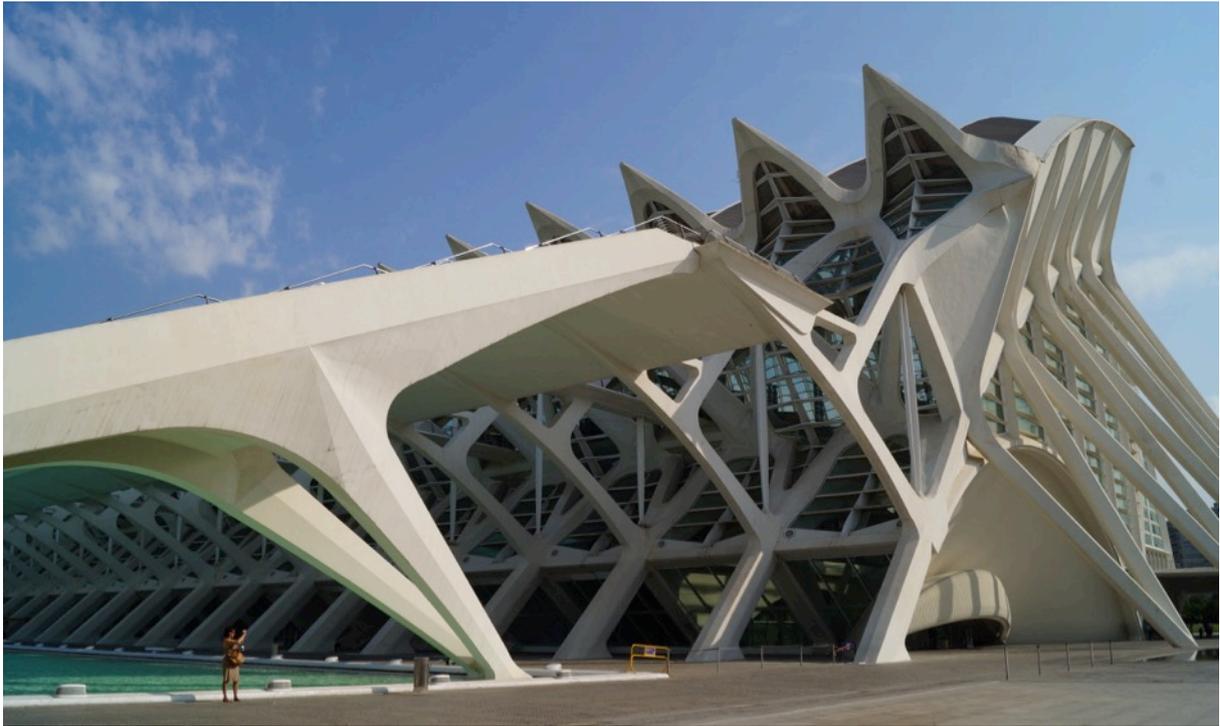
- Das „Museum der Wissenschaften Príncipe Felipe“ basiert auf sich aneinanderreihenden pflanzen- und rippenartigen Säulenformen, deren Zwischenräume mit Glas ausgearbeitet sind. Somit gelangt das natürliche Sonnenlicht flächendeckend ins Innere des Bauwerkes.<sup>6</sup>



**Abbildung 5: Vorderansicht des Museo de las Ciencias Príncipe Felipe, Valencia**

---

<sup>6</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 217



**Abbildung 6: Rückseite des Museo de las Ciencias Príncipe Felipe, Valencia**

- Im Abstand von etwa 50 Metern wurde parallel zu diesem Museum das „Umbracle“ errichtet. Unter diesem, sich aus Parabeln formendem Bogengang, befindet sich ein Pflanzengarten sowie Ausstellungsmöglichkeiten für moderne Kunst und eine Bar.



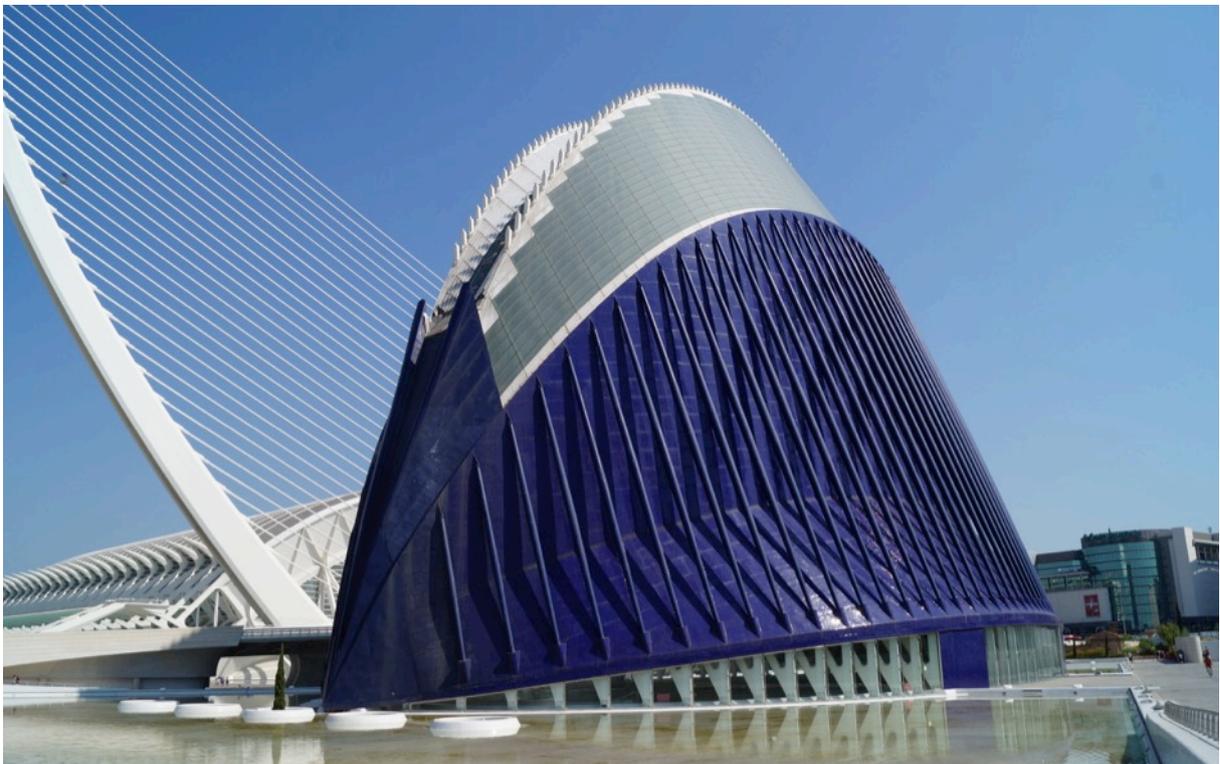
**Abbildung 7: Gesamtansicht des Umbracle, Valencia**

- Im Anschluss an die zwei vorher genannten Bauwerke ragt die „Puente de l’Assut de l’Or“ mit einem 125 m hohen, leichtgekrümmten Brückenpfeiler empor. An ihm sind die tragenden Stahlseile angebracht, durch die er mit der Fahrbahn verbunden ist.



**Abbildung 8: Puente de l'Assut de l'Or, Valencia**

- Die „Agora“ vervollständigt dieses anspruchsvolle und ehrgeizige Bauvorhaben in seiner Heimatstadt. Verwendet wird sie als Markt-, Veranstaltungs-, Versammlungs-, Sport- und Präsentationshalle.



**Abbildung 9: L'Agora, Valencia**

Anlehnend an den früheren Verlauf des Flusses durch dieses Gebiet, umgibt S. Calatrava alle sieben Bauten mit Wasserbecken, die, in der Katalonien-typischen, weißen Bruchkeramik ausgekleidet sind.

## 2.2.2 Milwaukee Art Museum

*„1994 zogen die Treuhänder des Kunstmuseums von Milwaukee insgesamt 77 Architekten in Betracht für die Schaffung eines „neuen, imposanten Eingangs, eines Orientierungspunktes für Besucher und einer Neubestimmung der Identität des Museums durch ein neu zu schaffendes, starkes Image.“ Santiago Calatrava gewann den Wettbewerb mit seinem Entwurf einer 27m hohen Empfangshalle aus Glas und Stahl, die mittels eines beweglichen Sonnensegels (Spitzname „Burke Brise Solei“) beschattet werden kann.“<sup>7</sup>*

Das auf den ersten Blick an einen sich zum Abflug vorbereitenden Vogel erinnernde Projekt erregt, besonders durch die 27 m hohe Empfangshalle, welche mit einem beweglichen Sonnensegel versehen ist, gestalterische Aufmerksamkeit.<sup>8</sup>

## 2.2.3 Hochhäuser

Noch vor der Jahrtausendwende beschritt S. Calatrava eine neue Herausforderung und konzipierte sein erstes Hochhaus, das in Malmö, Schweden, in den Himmel ragt. Der „Turning Torso“ ist das Resultat seiner Studien am menschlichen Körper. Das sich senkrecht, nach oben windende Gebäude ist aus neun identischen, würfelähnlichen Elementen zusammengesetzt. Durch die Mitte der übereinander gesetzten Bauelemente führt zu deren Stabilisierung ein Zentraltragwerk. Außerhalb der Gebäudewürfel wirkt eine gekrümmte Säule, die über Stahlbauteile mit den einzelnen Würfeln verbunden ist, zur weiteren festigkeitsmäßigen und architektonischen Gestaltung.

## 2.2.4 Olympiakomplex Athen

In Athen, dem Zuhause der Olympischen Spiele, wurde ihm der Auftrag zuerkannt, die olympischen Sportstätten im Vorort Marousi neu zu gestalten. Ehrenhaft befasste er sich mit der Aufgabe und gab dem nunmehr neu entstehenden „Olympiastadium“ und dem „Velodrom“ eine neue, Calatrava-typische Überdachung, entwarf Vordächer, die den Eingang von Bus- und

---

<sup>7</sup> Jodidio, Calatrava, S. 327

<sup>8</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 327

Metrostationen bilden, verschönerte die Vorplätze und errichtete die „Wand der Nationen“, eine 250 m lange Plastik aus sich bewegenden Stahlrohren. Als wesentliches Bauwerk wurde die leicht gekrümmte, etwa 400 m lange „Agora“, eine schattenspendenden Wandelhalle, als würdiger Eingang in das Gesamtstadium entworfen. Auf diese wird im weiter Verlauf der Arbeit noch näher eingegangen.<sup>9</sup>

### **2.2.5 Untergrundstation World Trade Center, New York**

S. Calatrava erhielt den Auftrag, den unterirdischen „World Trade Center Bahnhof“, ein Bauwerk von nationaler Bedeutung am „Platz des 11. September“, neu zu entwerfen. Die Station des neuen Verkehrsknotenpunktes liegt unmittelbar neben den Fundamenten der beiden ehemaligen „World Trade Center Towers“. Dieser Baukörper aus Beton und Glas ähnelt dem Skelett eines Vogels, dessen verlängerte stählerne Rippen an die ausgebreiteten Flügel erinnern und gleichzeitig zwei Kragdächer bilden. Bei Schönwetter kann und an jedem 11. September wird das Dach geöffnet werden. Sowohl die Möglichkeit der Öffnung des Daches als auch die skelettähnliche Vogelgestalt sind typische Merkmale, die bei S. Calatrava's Bauwerken immer wieder zum Vorschein kommen.<sup>10</sup>

### **2.2.6 Auszeichnungen und Lebenswerk**

Bis zum jetzigen Zeitpunkt errichtete S. Calatrava Bauwerke und Skulpturen in 22 Ländern auf vier Kontinenten. Im Laufe seines Schaffens wurden ihm dafür viele Auszeichnungen und Ehrungen zuteil. Er wurde mit über 40 akademischen Anerkennungen bedacht, mit 9 Ehrendokortiteln ausgezeichnet und zum „ständigen Ehrengast“ der Universität Zürich ernannt.<sup>11</sup>

Durch seine vorbildlos gestalteten Bauwerke überstrahlte S. Calatrava alles bisher da gewesene im Bereich der Architektur. Es besteht kein Zweifel, dass er zu den bedeutendsten und ideenreichsten Architekten unserer Zeit zählt.

---

<sup>9</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 441

<sup>10</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 483

<sup>11</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 517

## 3 Grundlegende Einteilung der Bauwerke

Besonders merklich sind die wiederkehrenden Strukturen. Die Ideen oder Denkansätze zu diesen einmaligen Figuren findet S. Calatrava in Studien über die Osteologie, der Lehre von Knochen und Skelettsystemen, in der Tierwelt wieder. Vorzugsweise beschäftigt er sich mit den Skeletten von Vögeln, die die Leichtigkeit und Wendigkeit als auch die Tragfähigkeit und Festigkeit in seinen Bauwerken widerspiegeln sollen. Zunächst lassen sich all seine Bauwerke in vier Untergruppen unterteilen, auf welche im späteren Verlauf des Kapitels noch genauer eingegangen werden wird:

1. Brücken
  - 1.1. „Alpine Bridges“
  - 1.2. Säulen-Spannseil-Brücken
  - 1.3. Bogentragwerk-Brücken
    - 1.3.1. Bogentragwerk oberhalb der Fahrbahn
    - 1.3.2. Bogentragwerk unterhalb der Fahrbahn
2. Bewegte Baustrukturen
  - 2.1. Realbewegte Baustrukturen
  - 2.2. Scheinbar bewegte Baustrukturen
3. Filigranbauwerke und Biostatische Bauwerke
  - 3.1. Skelett-Bauweise
  - 3.2. Verästelungs-Bauweise
4. Hochhäuser

### 3.1 Brücken

Im Laufe seines jahrzehntelangen Schaffens entwickelte S. Calatrava die für ihn charakteristischen Merkmale, um Gebäude und Brücken eindeutig dem Architekten zuordnen zu können. Waren die ersten Brückenentwürfe noch den bisher bekannten Strukturen ähnlich, so hob er sich mit darauffolgenden Entwürfen und Verwirklichungen bald von allen anderen Architekten ab.

#### 3.1.1 „Alpine Bridges“

Als tragende Bauteile dienen vertikale, architektonisch herausragend gestaltete Säulen, wie sie auch in bisher gebauten Brücken im Alpenraum Verwendung fanden. Die von S. Calatrava verwendeten Säulen enden jedoch nicht unmittelbar unterhalb der zu tragenden Fahrbahn,

sondern verzweigen sich bereits einiges vor dem Zusammentreffen mit der Fahrbahn, umschlingen diese oder überragen sie oberhalb in unterschiedlicher Formgebung wesentlich. Ein einigen Fällen werden die überragenden Bauteile zur Verankerung von Schräg-Spannseilen verwendet.

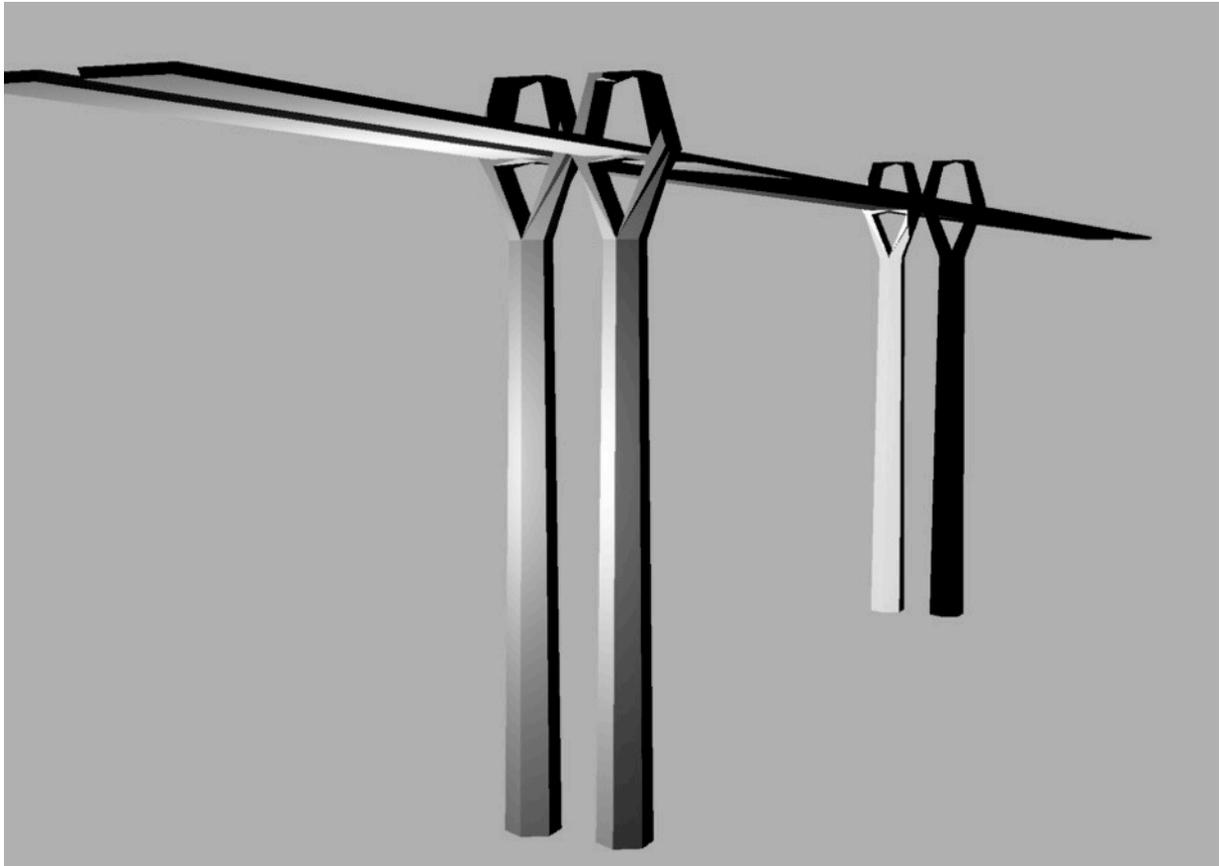


Abbildung 10: Alpine Bridge 1

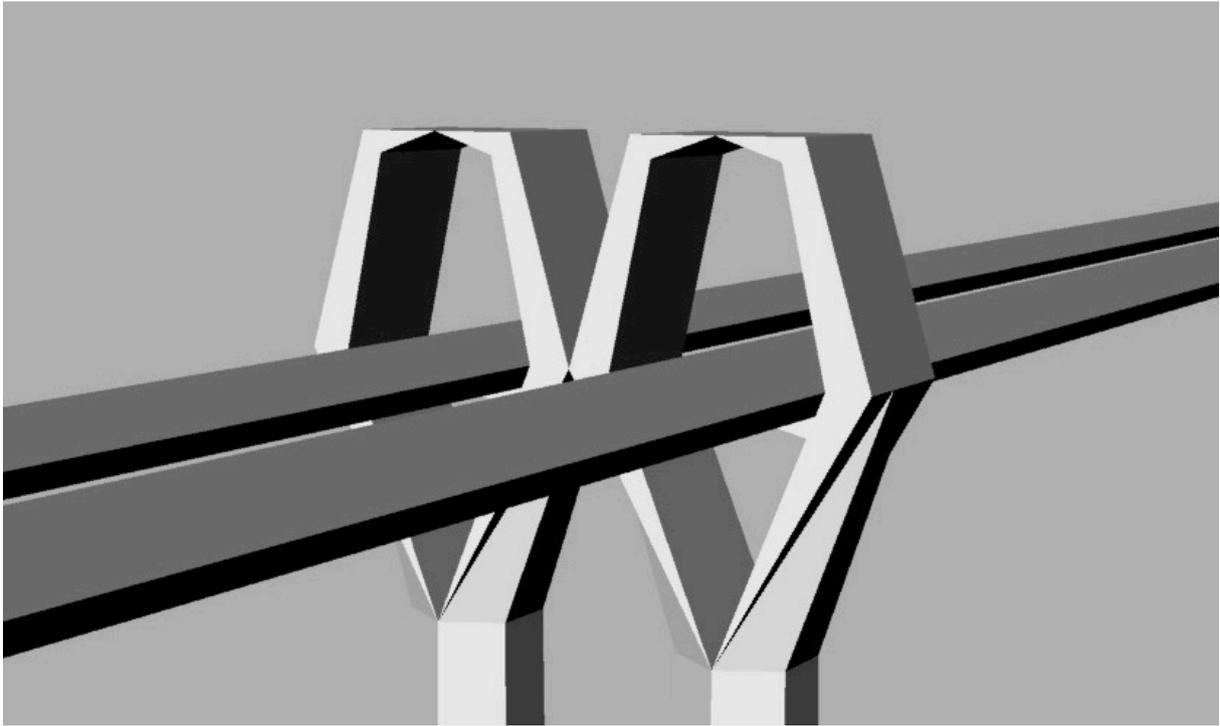


Abbildung 11: Nahaufnahme der Fahrbahn umschlingenden Säule der Alpine Bridge 1

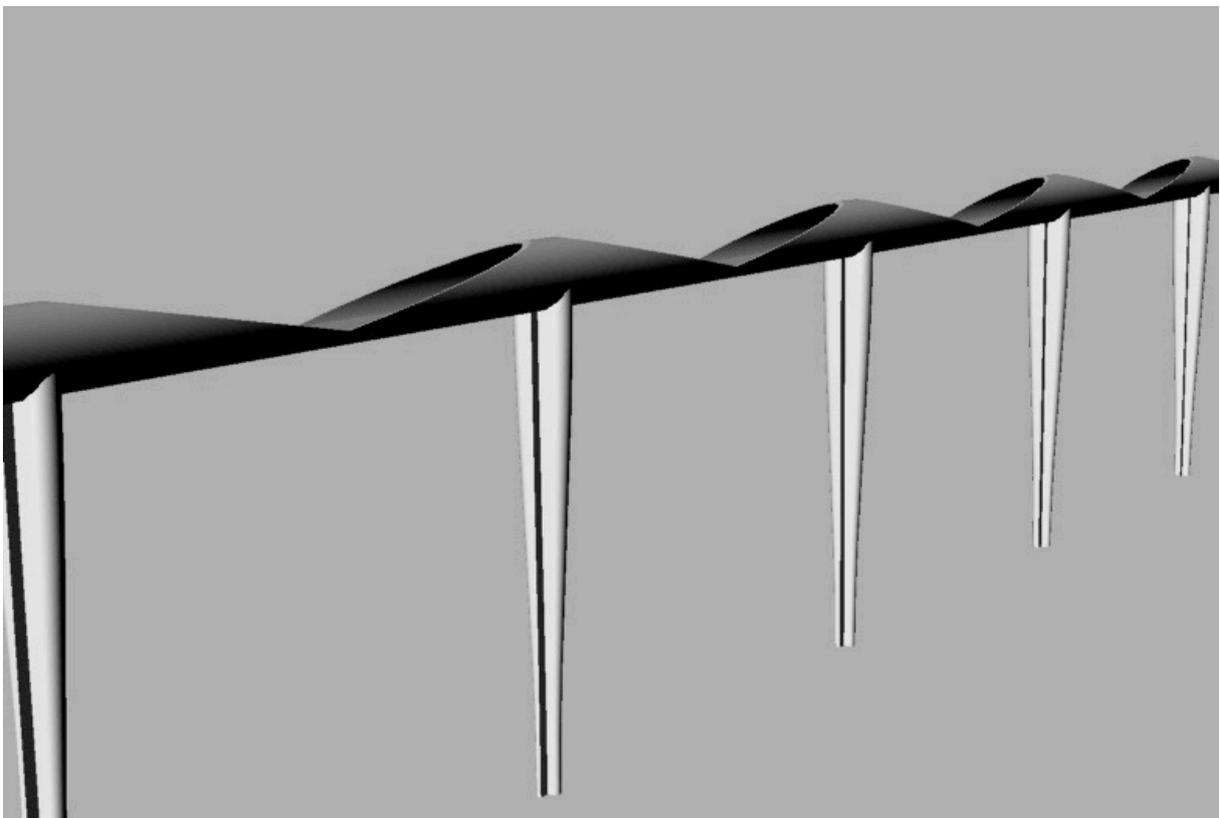


Abbildung 12: Alpine Bridge 2

### 3.1.2 Säulen-Spannseil-Brücken

An einem der beiden Ufer- oder Querungsbereiche wird eine hochaufragende Säule in gerader, gekrümmter oder leicht geknickter Bauweise errichtet, an welcher die Spannseile, beinahe zu Netzwerken ausgebildet, zum Tragen der Fahrbahn befestigt sind. Die Masse der hochaufragenden Säule dient als Teilgegenkraft zur Spannseilkraft.

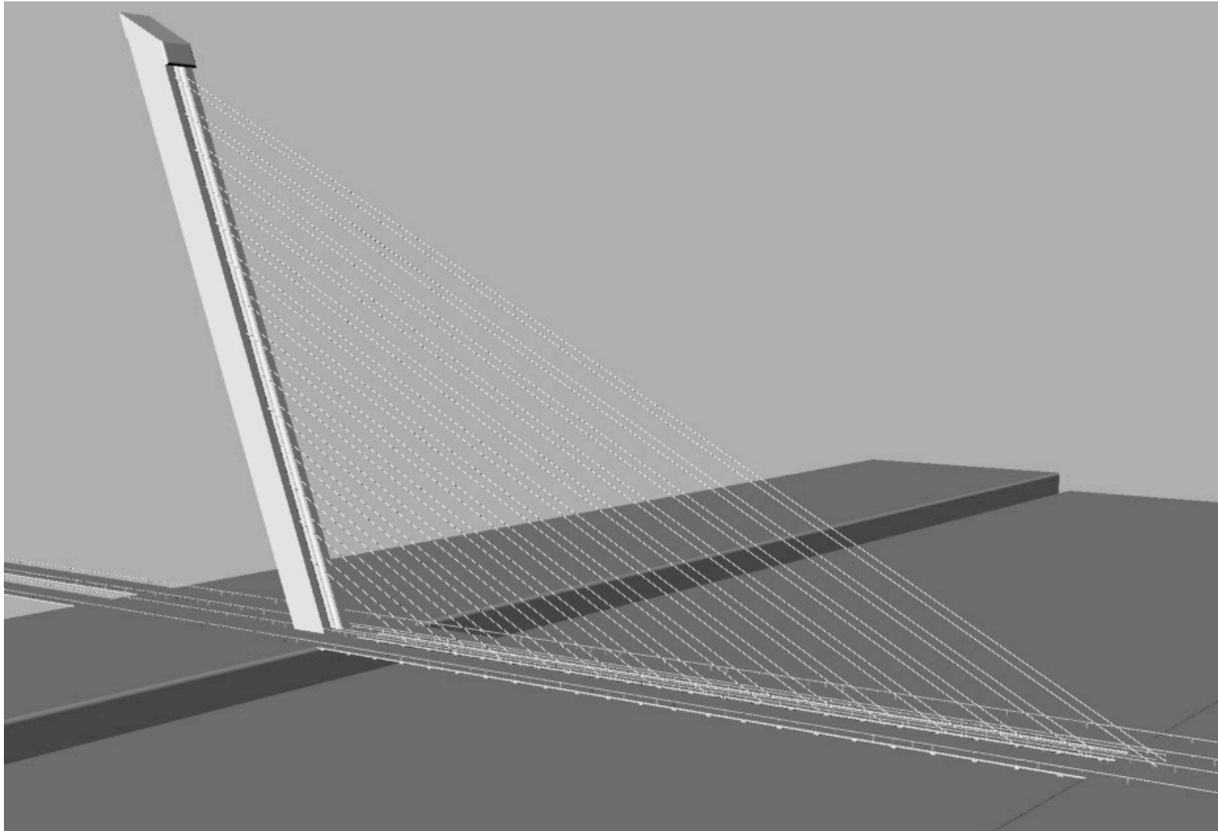


Abbildung 13: Puente del Alamillo, Sevilla

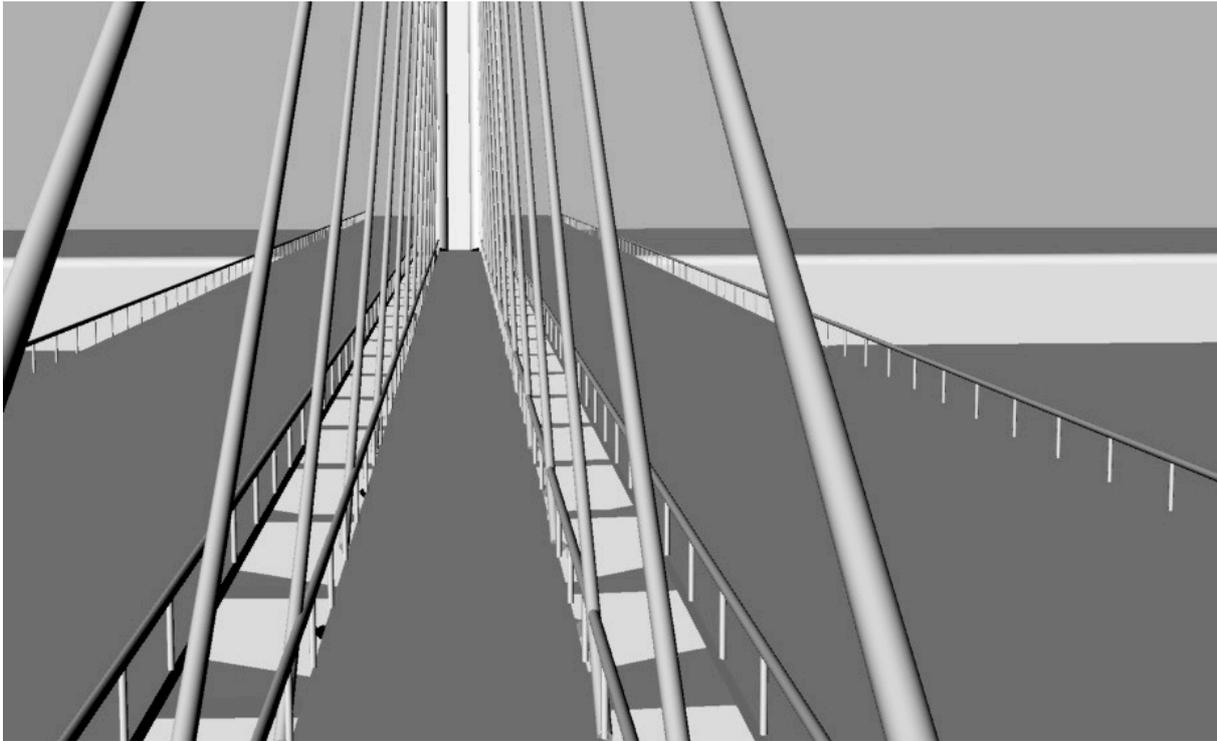


Abbildung 14: Puente del Alamillo mit Sicht auf die beiden Fahrbahnen und den Fußgängerübergang

### 3.1.3 Bogentragwerk-Brücken

Ein Bauwerk mit einer größeren horizontalen Überspannung bestand im traditionellen Bauwesen aus einem oder mehreren bogenförmigen Tragwerken. Diese Bauweise erlangte seit antikem Zeitalter hinreichend an Bekanntheit. Bis zu Beginn des 20. Jahrhunderts war dies die vorherrschende, um nicht zu sagen, die beinahe ausschließliche Bauweise für Brückentragwerke.

#### 3.1.3.1 Bogentragwerk oberhalb der Fahrbahn

Als Tragwerk für die Fahrbahn dient ein symmetrisches, in der Höhe wesentlich die Fahrbahn überragendes Bogenbauwerk, welches beidseitig im Ufer- bzw. Querungsbereich fundamntiert ist. Die Fahrbahn wird über vertikale oder schräge Seile sowie öfters zusätzlich von Stahlstreben vom Brückenbogen getragen. Die Anzahl und die Formgebung der überspannenden Bögen variiert in beindruckender Vielfalt.

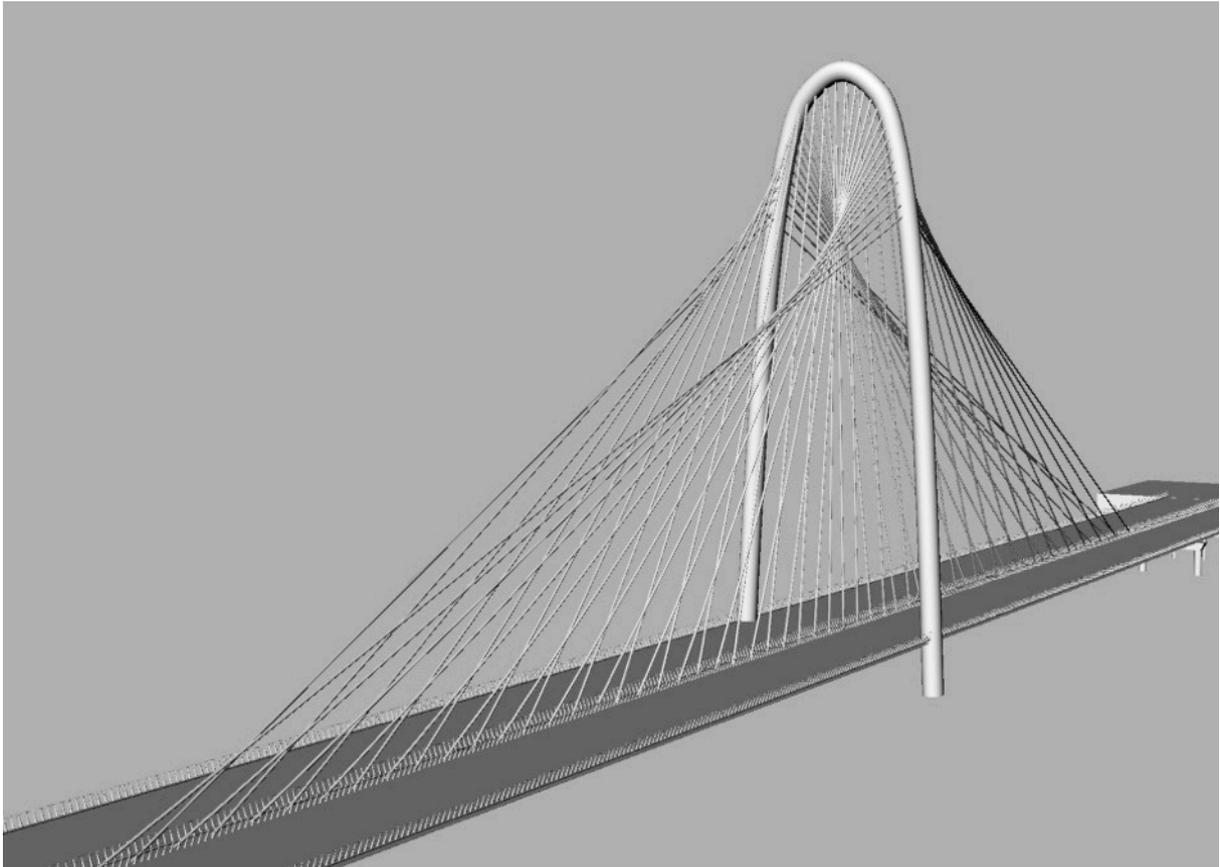


**Abbildung 15: Puente de la Alameda, Valencia**

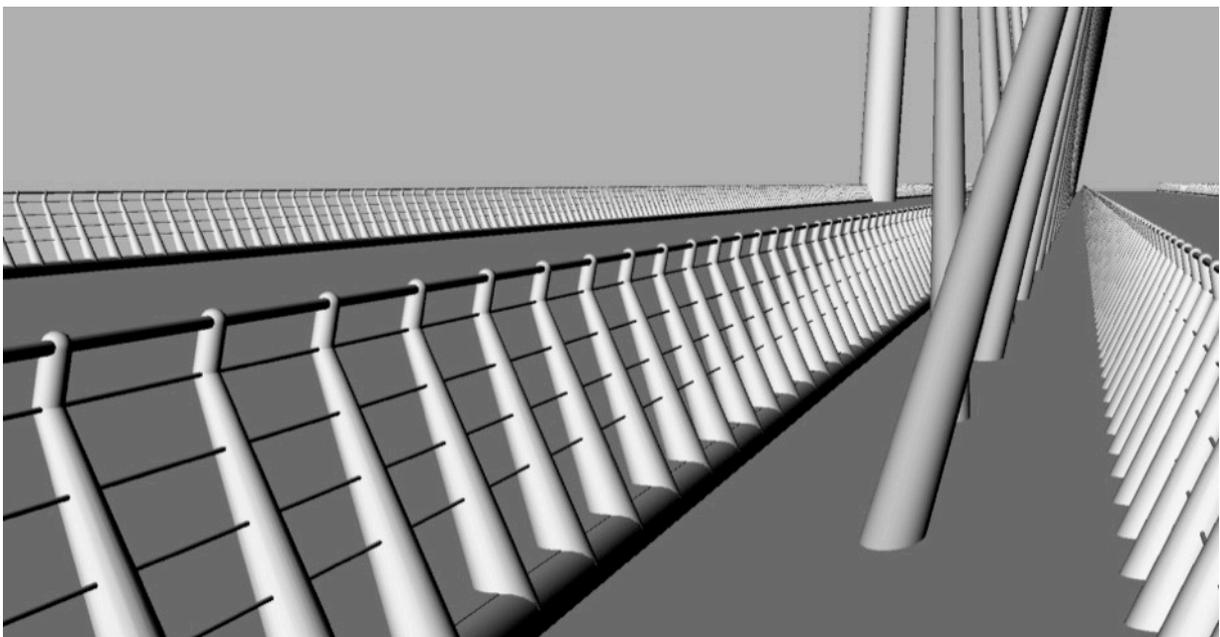
Mit der „Margaret Hunt Hill Bridge“ soll eine Geländevertiefung von etwa 20 m über eine Länge von 570 m, in deren Mitte sich ein eingetiefter Fluss mit einer Breite von etwa 40 m befindet, überspannt werden. Um die Spannlänge von 570 m zu überqueren, wurde in künstlerisch beachtenswerter Art und Weise ein Spannbügel mit einer Höhe von 120 m errichtet. Dieser Bügel ist rechts und links, also quer zur Fahrbahn, in Mitte der Spannlänge der Brücke fundamementiert. Über den erweiterten Bügelhalbkreis werden Spannseile in die Fahrbahnmitte geführt und dort verankert. Das jeweils äußerste Spannseil wird in einem Abstand von etwa 180 m vom Spannbügel befestigt.

Die Ebene, in der der Spannbogen liegt, und die Ebene, auf der sich die Fahrbahn befindet, stehen normal zueinander. Da die Spannseile einerseits am erweiterten Bügelhalbkreis und andererseits über eine Spannlinie in der Mitte der Fahrbahn befestigt sind, ergibt sich bei der Spannkraftzerlegung eine Komponente in senkrechte und waagrechte Richtung. Die Komponenten in waagrechte Richtung ergeben eine hohe Querstabilität der Brücke.

Für den Betrachter und Benutzer der Brücke ergibt sich durch die unterschiedlichen Schrägungen der Spannseile ein beinahe magisches Spannseilgeflecht.



**Abbildung 16: Margaret Hunt Hill Bridge, Dallas**



**Abbildung 17: Ansicht aus Fußgänger-Perspektive**

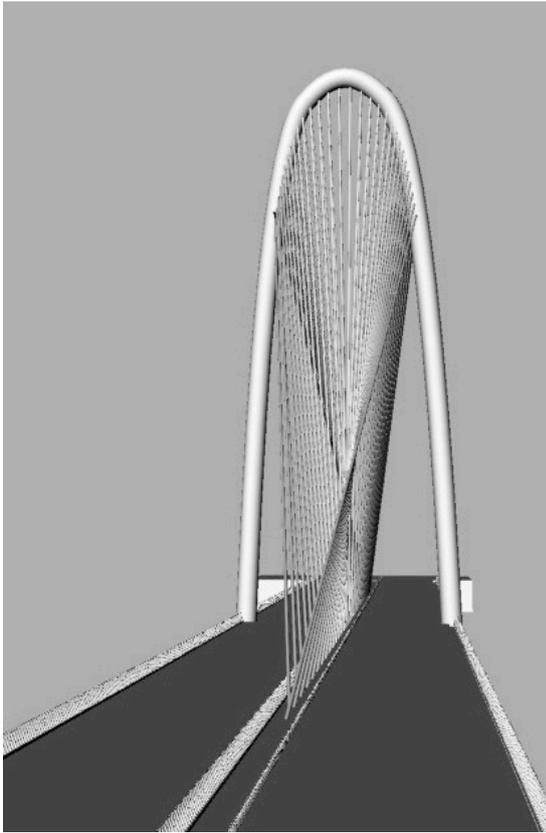


Abbildung 18: Ansicht von schräg vorne

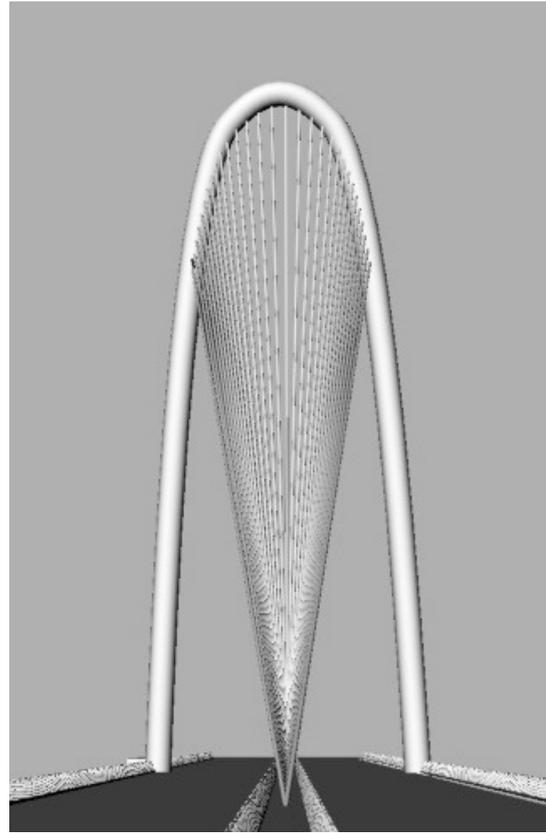


Abbildung 19: Ansicht von vorne

### 3.1.3.2 Bogentragwerk unterhalb der Fahrbahn

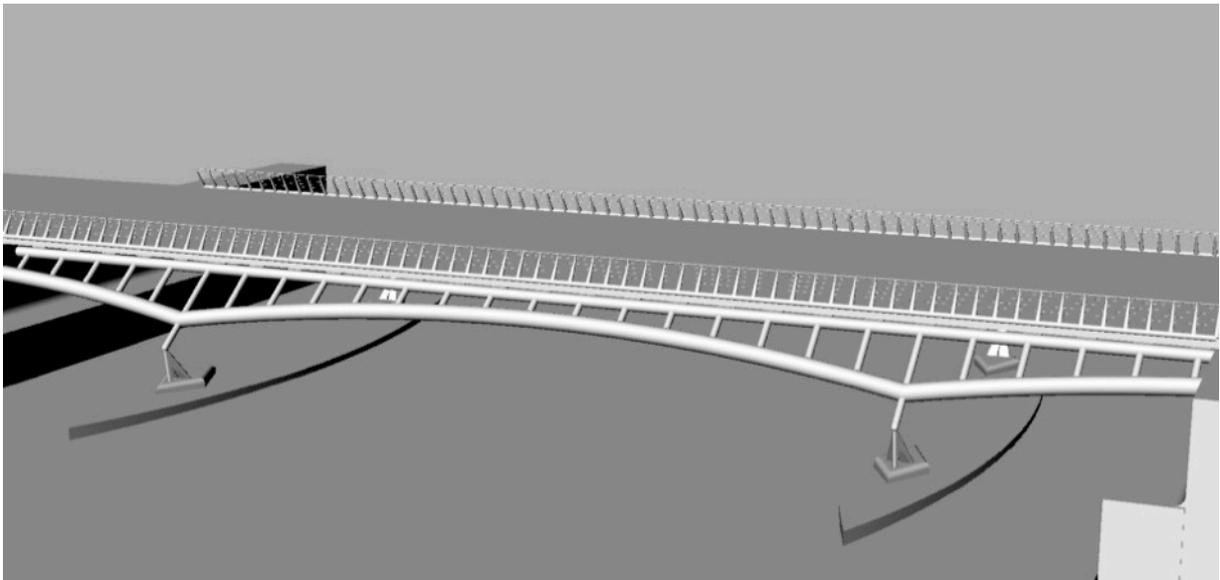
Als Stützwerk für die Fahrbahn wird ein unterhalb der Brücke errichtetes, beidseitig im Querschnitt fundamntiertes Bogenbauwerk genutzt. Dadurch wird die Brücke in ihrer Leichtigkeit hervorgehoben.

S. Calatrava verstand es die unterhalb der Fahrbahn befindliche Trag-Struktur so unterschiedlich und meisterhaft in der Gestaltung einzubringen, dass diese auf den ersten Blick nicht als tragende Struktur zu erkennen ist.

Zur Erläuterung dieser Bauweise sind stellvertretend die „Kronprinzenbrücke“ in Berlin, die „Ponte della Costituzione“ in Venedig und die „Puenta de Montolivet“ in Valencia zu nennen.



**Abbildung 20: Puente de Montolivet, Valencia**



**Abbildung 21: Kronprinzenbrücke, Berlin**

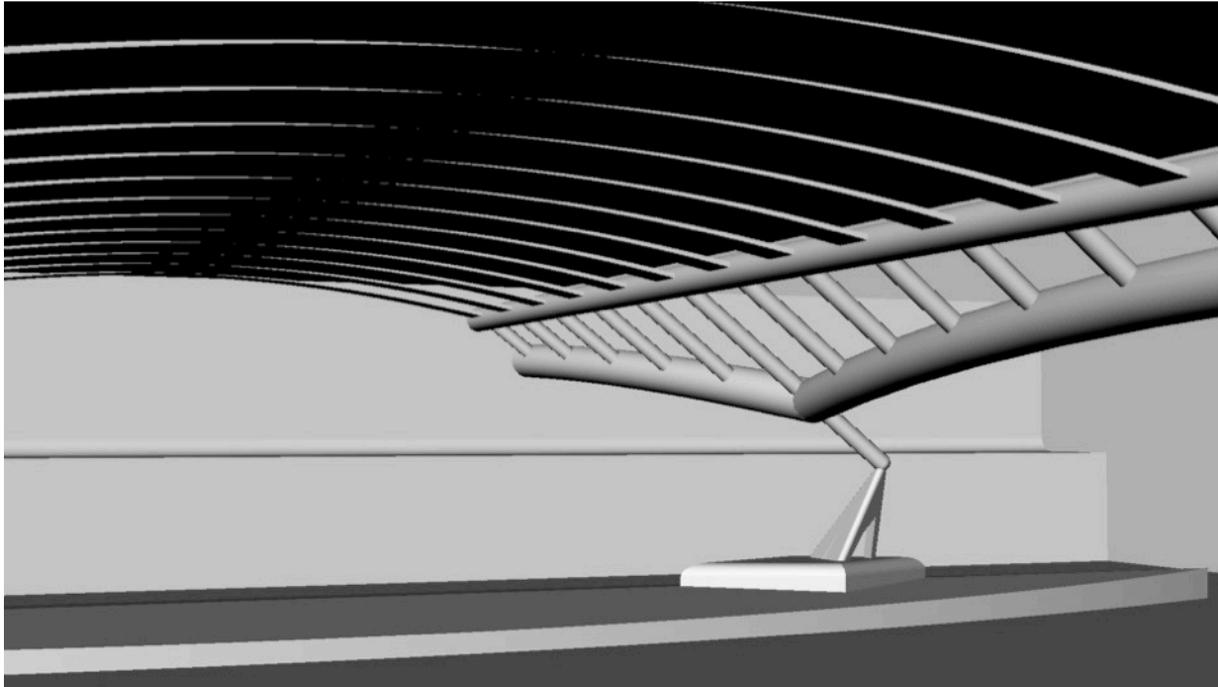


Abbildung 22: Kronprinzenbrücke - Ansicht von unten

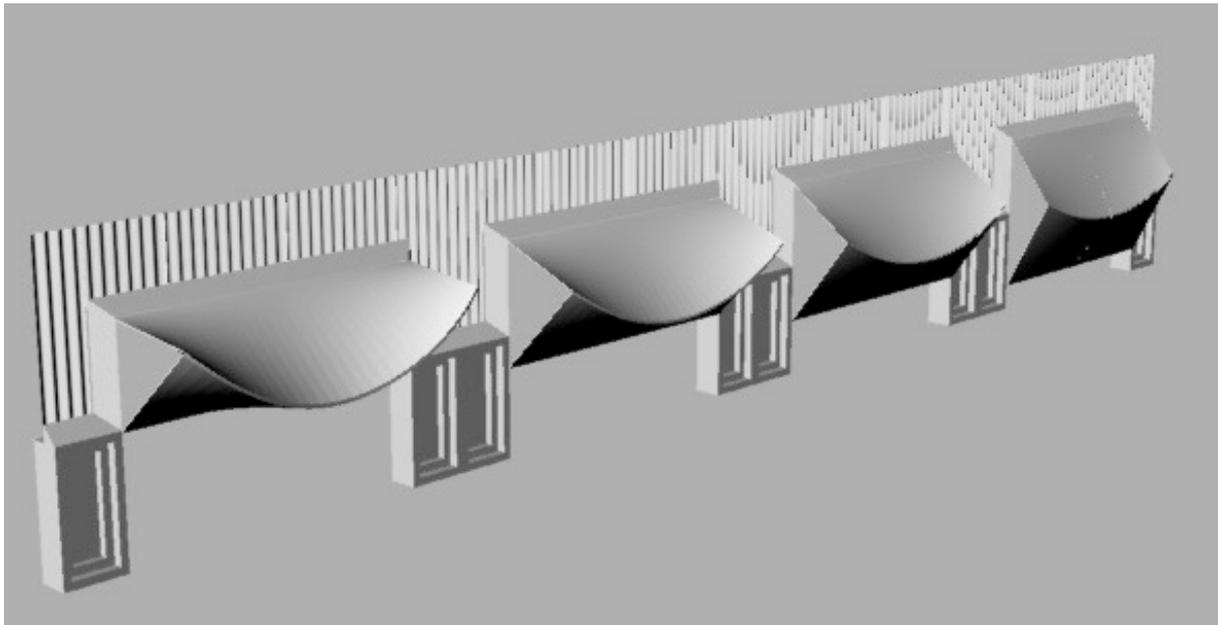
## 3.2 Bewegte Baustrukturen

Betrachtet man die Geschichte der Architektur in ihrem Gesamtwesen, so sind prägende bewegliche Baustrukturen nicht anzufinden. S. Calatrava war der erste, der sich mit dieser Art von räumlicher Bauweise auseinandersetzte, diese projektierte und auch realisierte. Im darstellerischen Hintergrund glaubt man, solche Lageveränderungen in den Bewegungsabläufen von Lebewesen zu erkennen.

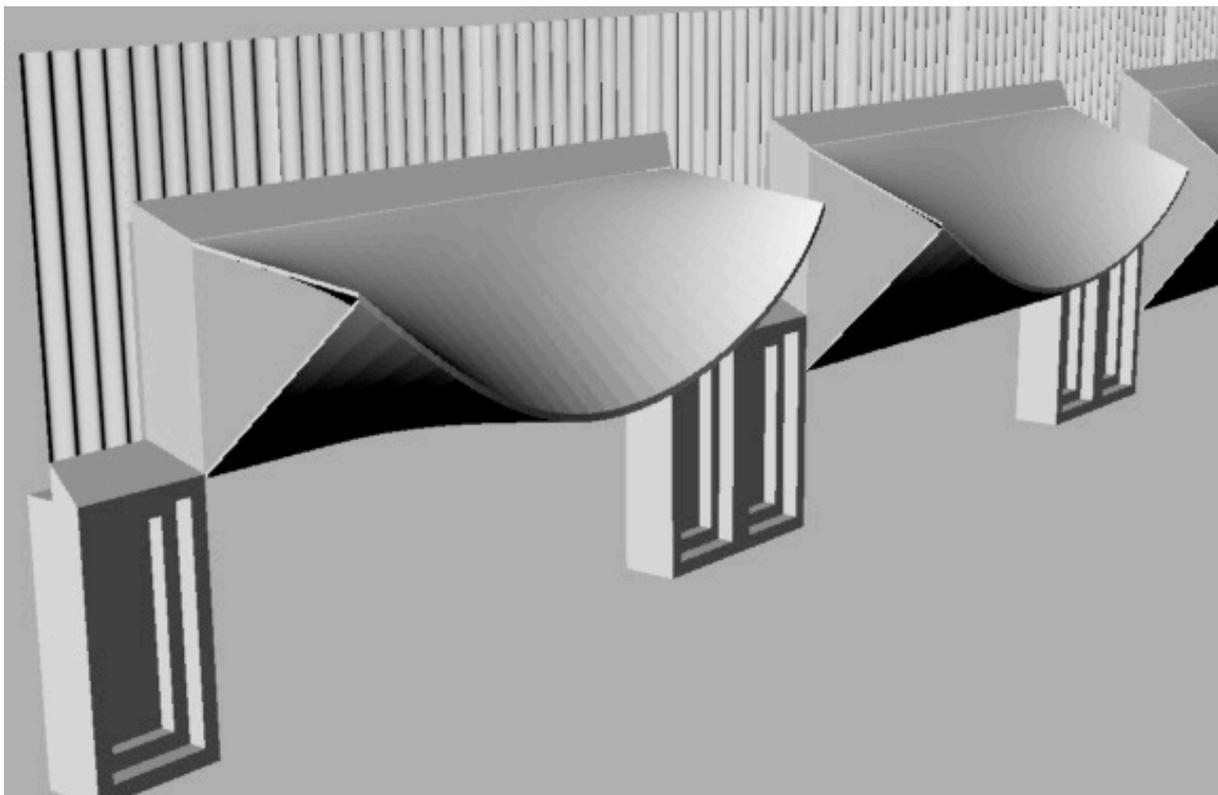
### 3.2.1 Teilbewegte Baustrukturen

Die Doktorarbeit S. Calatravas trägt den Titel „Zur Faltbarkeit von Fachwerken“. Basierend auf dieser Arbeit wendet er sich den teilbeweglichen Bauwerken zu. Als bewegliche Baustruktur ist somit eine gewollte Lageveränderung von Bauteilen zu verstehen, die eine doch wesentliche Formänderung bewirken.

Unter den real bewegten Strukturen sind Teilstrukturen eines Gebäudes zu verstehen, die um eine gerade oder gekrümmte, im Wesen horizontale Achse (eine Achse dient zum Tragen drehbarer Teile) bewegt werden können. Sie finden sich sowohl als Öffnungsmechanismen in Gebäuden sowie als bewegte Reihenstrukturen wieder.



**Abbildung 23: Öffnungsvorgang des Ernsting's Lagerhauses, Coesfeld-Lette**



**Abbildung 24: Nahaufnahme des geöffneten Tores**

Bei meinem Besuch in der Modelbauerwerkstätte im September 2012 in Zürich zeigte mir S. Calatrava mit Freude das Modell einer ökumenisch ausgerichteten Kirche, die er selbst mit der

Bezeichnung „Religion auf Knopfdruck“ bedachte. Es handelt sich hierbei um ein Gotteshaus mit kreisförmiger Grundfläche, in dessen Innenseite durch hochaufragende, bewegte Stäbe an der Deckenöffnung ein Halbmond, ein Stern oder ein Kreuz geformt werden kann.

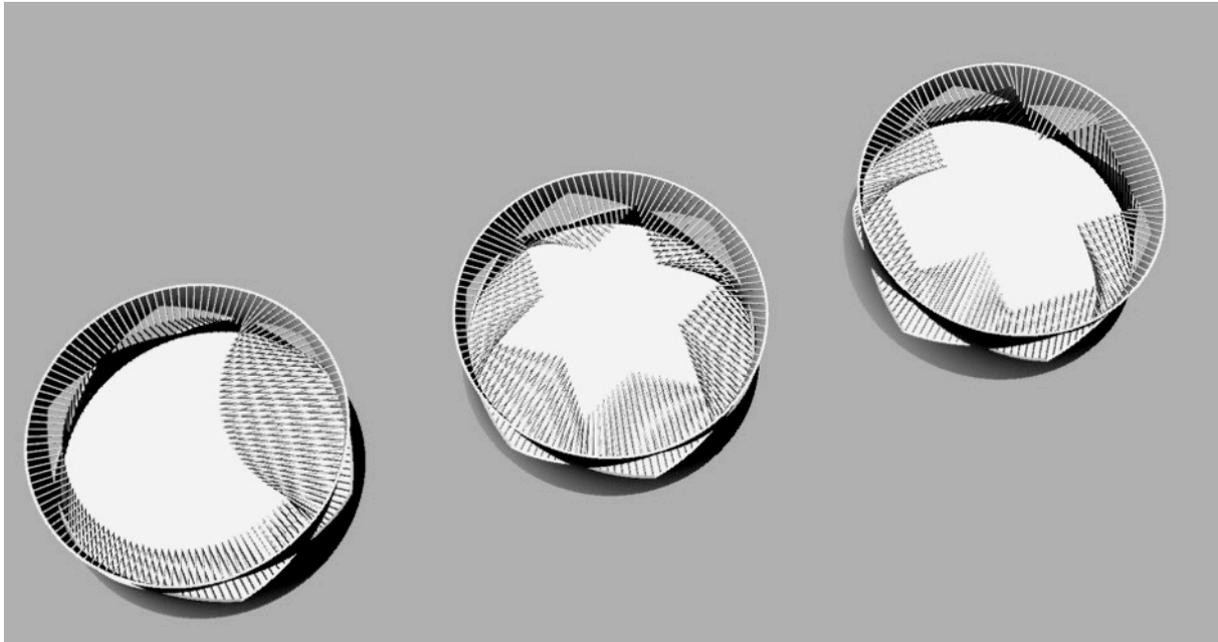


Abbildung 25: Decke der Kirche „Religion auf Knopfdruck“

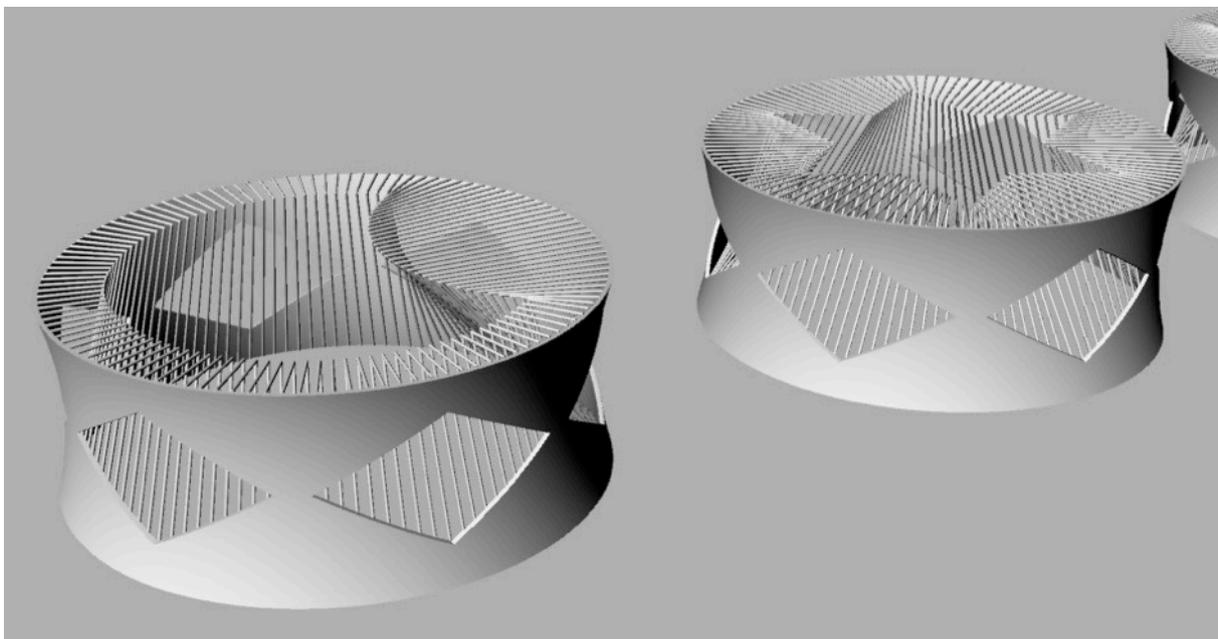


Abbildung 26: Seitenansicht der Kirche "Religion auf Knopfdruck"

Als weitere Beispiele für teilbewegte Baustrukturen sind das „Hemisfèric“ in Valencia, die „Shadow Machine“ in New York, die „Wall of Nations“ in Athen, das „Milwaukee Art Museum“ in

Milwaukee um eine horizontale Achse, aber auch die „Puente de la Mujer“ in Buenos Aires, die sich um eine vertikale Achse dreht, anzuführen.

### 3.2.2 Scheinbar bewegliche Baustrukturen

Wenn man das Werk Calatrava's in Entwürfen und tatsächlicher Ausführung betrachtet, so stellt man fest, dass einige Bauwerke so gestaltet sind, als ob sie sich bewegen könnten. Untersucht man die Bauteile näher in ihrer Verankerung, so erfährt man, dass diese Verankerung eine Bewegung nicht zulässt.

Bei ersten Anblick des Haupt – Olympiastadions in Athen tritt die Meinung hervor, dass die beiden tragenden Bögen längs des Stadions am jeweiligen Bogenende eine Lagerung und somit eine Drehachse für die beiden Bögen aufweist. Diese Art der Lagerung lässt den Rückschluss zu, dass die beiden Tragbögen ursprünglich als bewegte Bauteile geplant waren. Durch die Möglichkeit diese beiden Tragbögen zu bewegen, ergäben sich Variationen in Bezug auf Öffnung und Schließung der Überdachung.



Abbildung 27: Haupt – Olympiastadion, Athen

Die „Agora“ in Valencia, deren Name sich aus Versammlungs- und Markthallen im antiken Griechenland herleitet, erscheint im ersten Augenblick aufgrund ihrer Symmetrie, sowohl längs als auch quer, als ein Gebäude, an dem sich die beiden dreidimensional gewölbten Seitenschalen, gelagert auf Bodenniveau mit horizontaler Drehachse, wie eine fleischfressende Pflanze oder auch eine Muschel öffnen könnten, um Sonnenlicht in die Versammlungsebene einzulassen.

Die „Bodegas Ysios“ in Laguardia, Spanien, dient dem Zweck, regionale Weine herzustellen, zu lagern und in den Handel zu bringen. Als markantes Behältnis in der Weinreife und der Weinlagerung dient das Weinfass.

Im grundsätzlichen Aufbau dieses langgezogenen Gebäudes ist die mit Abständen voneinander ausgeführte Nebeneinanderreihung von halbierten Weinfässern und deren Verbindung durch eine gemeinsame Überdachung hervorstechend.

Durch den Radius und durch die Abstände zwischen den Weinfässern ist es möglich, eine Sinusförmige Überdachungs-Formgebung zu erzeugen. An den beiden Längsseiten ist die Aufreihung der Weinfässer und somit der Abstände phasenverschoben, wodurch in deren Mitte eine gedacht Achse zu sein scheint. Es entsteht dadurch auf beiden Seiten des langgezogenen Gebäudes eine physikalisch so bezeichnete „stehende Welle“.

Um den Eingang unmissverständlich darzustellen ist in der Mitte des Bauwerkes eine Wellenbewegung etwa um den Faktor 2 erhöht. An den Längsseiten sind die bei S. Calatrava öfter ausgeführten Wasserbecken angebracht, sodass sich in der Spiegelung die gesamte Kreisfläche der Weinfässer zeigt.<sup>12</sup>

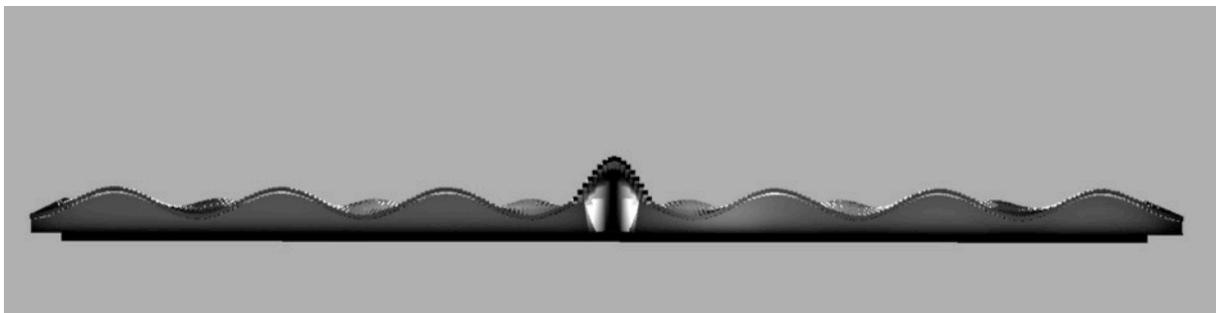


Abbildung 28: Gesamtansicht der Bodegas Ysios , Laguardia

---

<sup>12</sup> Vg. Jodidio, Calatrava, S. 385

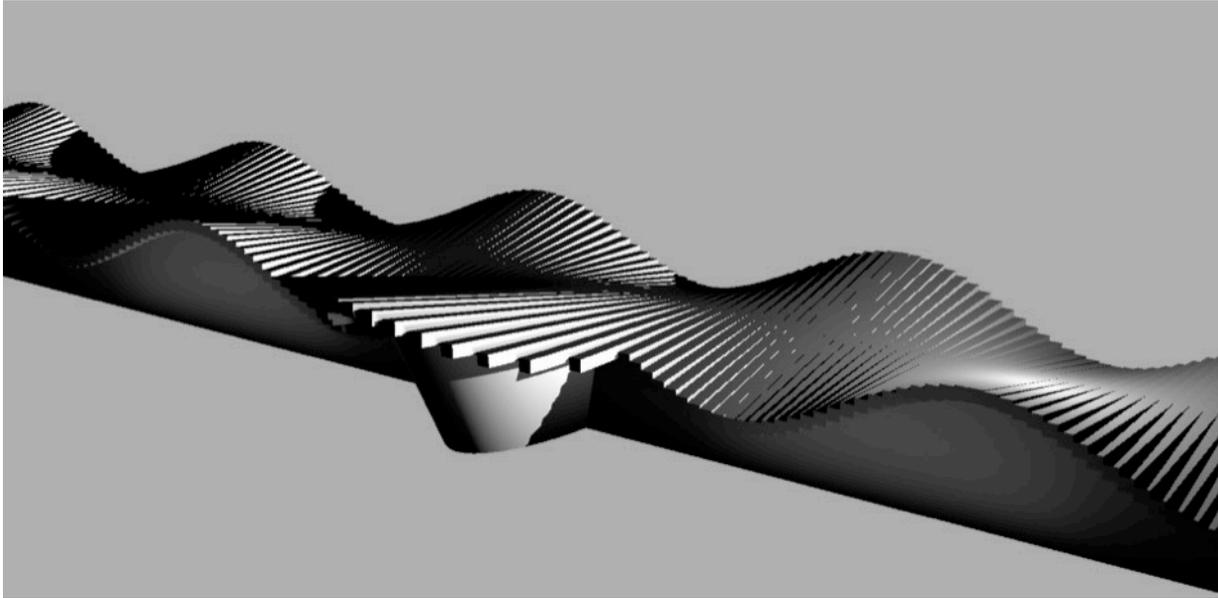


Abbildung 29: Mittlerer Teil der Bodegas Ysios

### 3.3 Filigranbauwerke

Bei den aufgelösten Tragwerken ist die Unterteilung in Skelett-Bauweise und Verästelungs-Bauweise angebracht.

Der wesentliche Unterschied der Ausführungen besteht darin, dass die Ideen der Skelettbauweise vorüberwiegend aus der Tierwelt stammen. Im Gegensatz dazu gehen die Strukturen der Verästelungs-Bauweise auf Pflanzen, in meisten Fällen auf Bäume, zurück.

#### 3.3.1 Skelett-Bauweise

In der Skelett-Bauweise werden tragende Elemente mehr oder weniger parallel entlang einem realen oder gedachten Zentralträger aufgereiht. Diese ähneln dem Rippenaufbau samt Wirbelsäule von Tieren. Zur Skelett-Bauweise gehören allerdings auch tragende Strukturen im Zweidimensionalen, die dem Bereich von gekrümmten Knochen entnommen sind. Als Beispiel dafür sind gekrümmte Tragwerke zu nennen.

Als bemerkenswerte Beispiele für die Skelett-Bauweise sind der „Bahnhof Stadelhofen“, als ein Frühwerk, das „Wissenschaftsmuseum“ und das „Umbracle“ in Valencia, die Bogenhalle in Athen, der „World Trade Center Transportation Hub (Verkehrsknotenpunkt)“ in New York, der „Kuwait

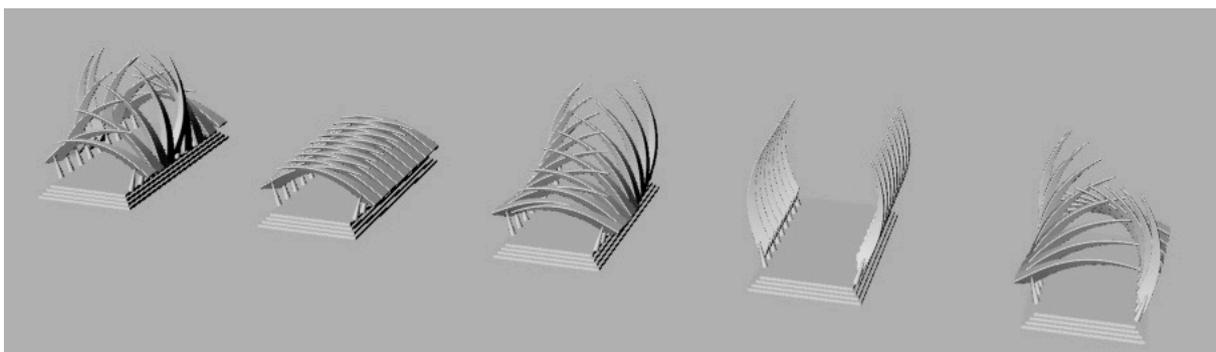
Pavillon“ in Sevilla, die „Bibliothek der rechtswissenschaftlichen Fakultät“ in Zürich, die „Shadow Machine“ in New York und noch viele mehr zu nennen.

Als herausstechendes und verständlich zu beschreibendes Beispiel für die Rippen-Wirbelsäulen-Bauweise ist der „Kuwait Pavillon“, errichtet anlässlich der Weltausstellung 1992 in Sevilla, anzuführen. Dieses Bauwerk bildet eine Kombination aus bewegten Baustrukturen und der Rippen-Skelett-Bauweise.

An einer Rechteck-förmigen Grundfläche, die als Ausstellungs- und Besucherraum dient, sind zu beiden Längsseiten von der Grundfläche abgehobene Drehachsen angebracht. Diese Drehachsen werden über nach außen geneigte, schlanke Kegelträger auf der Grundfläche abgestützt.

Jeweils zwischen zwei Kegelträgern wird an der Horizontalachse ein gekrümmter, sich zur Spitze hin verjüngender Bogenträger gelagert. Die gekrümmten Träger mit Dreieck-förmiger Querschnittsfläche sind auf den gegenüberliegenden Horizontalachsen versetzt angeordnet und greifen in ganz oder teilweise geschlossenem Zustand überlappend ineinander. Jeder der Träger ist für sich einzeln und voneinander unabhängig durch eine Antriebseinrichtung bewegbar. Eine Publikumsattraktion wird durch die unterschiedliche Bewegung der 17 Träger – zum Beispiel der eine öffnet sich, der andere schließt sich – hervorgerufen.

Die nahezu gesamte Grundfläche kann in geöffnetem Zustand durch das Tageslicht bestrahlt werden. In geschlossenem Zustand verflechten sich die Bogenträger zu einer Überdachung.<sup>13</sup>



**Abbildung 30: Fünf verschiedene Öffnungsvarianten des Kuwait Pavillon, Sevilla**

---

<sup>13</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 185

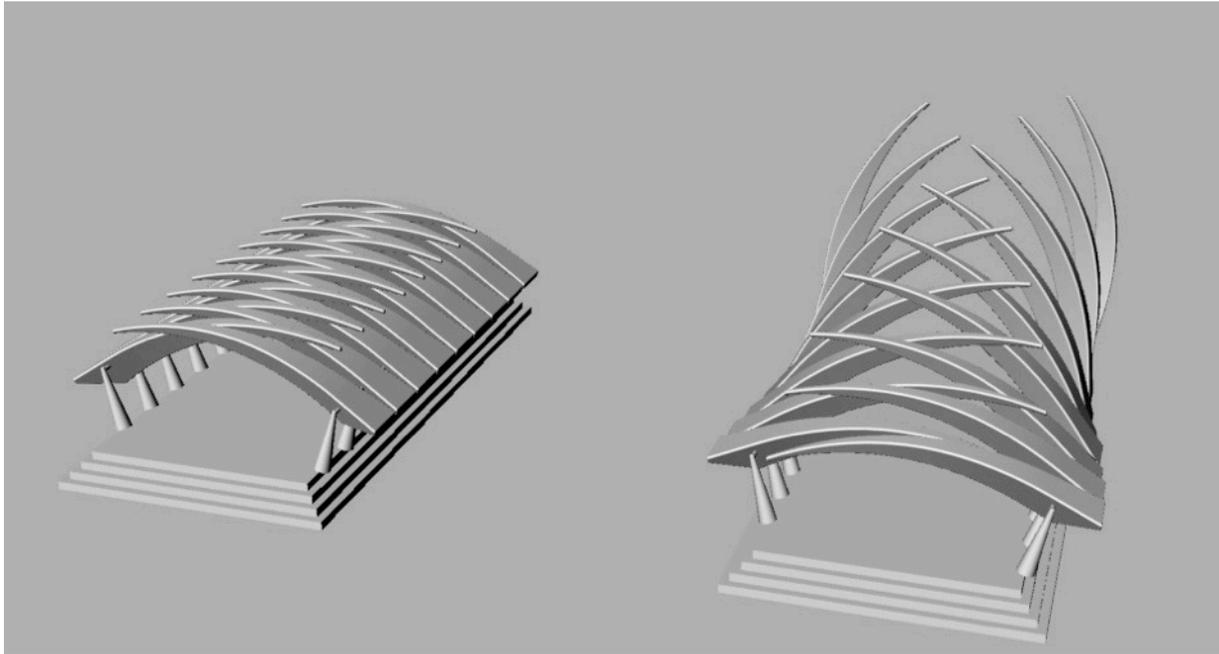


Abbildung 31: Nahaufnahme 1

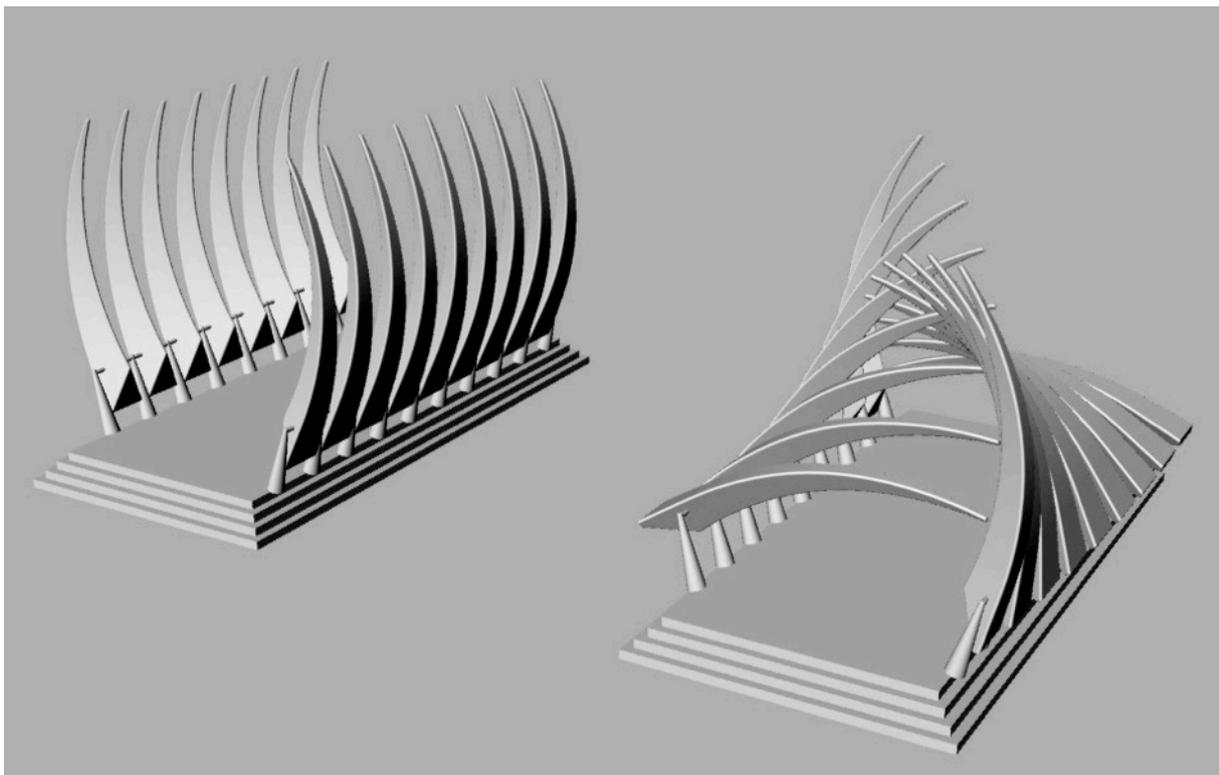


Abbildung 32: Nahaufnahme 2

### 3.3.2 Verästelungs-Bauweise

Bei der Verästelungs-Bauweise werden, in Anlehnung an einen Baum, aus einer tragenden Grundstruktur, die dem Stamm entspricht, sich einzelne, stützende Strukturen im Dreidimensionalen, vergleichbar mit den Ästen eines Baumes, nachgebildet.



Abbildung 33: Unterbau des Umbracle, Valencia

Beispielhaft hierfür stehen der Säulenaufbau der in Bau befindlichen „Cathedrale St. John the Devine“ in New York, der „Oriente Station“ in Lissabon, der „Galerie und Heritage Square“ in Toronto sowie der Unterbau des „Umbracle“ in Valencia.

Ein gewisses Wohlgefühl entsteht beim Menschen, wenn er durch eine beidseitig von Bäumen gesäumte Straße wandert. Er fühlt sich sowohl durch die seitliche Begrenzung als auch durch die lichte Blätterüberdachung beherbergt und geschützt. Wenn sich darin noch Einrichtungen zum Verweilen befinden, wie beispielsweise Bänke, Geschäfte oder Spielflächen, so wird das Wohlgefühl nochmals erhöht. Auch der fahrende Mensch, trotz seiner gewissen Geschwindigkeit, genießt während dem Befahren einer Alleestraße die dort vorherrschende Stimmung.

Schon beim ersten Anblick der Bahnsteige samt Gleis- und Bahnsteigüberdachung der „Oriente Station“ in Lissabon, werden Erinnerungen an eine Alleestraße freigelegt. Die Säulen, auf denen sich die Überdachung stützt, bestehen aus einem Stammstück, darunter versteht man in der Holzfachsprache das unterste Stück eines Baumstammes, welche sich in einer Höhe von etwa 6 m in vier räumliche Großverästelungen gliedern. Diese Großverästelung weist bereits eine

kelchartige Ausweitung auf und geht dann in feingliedrige Verästelungen und schließlich in eine noch feingliedrigere „Blattüberdachung“ über. Die an den Bahnsteigen bereitgestellten Bänke ergänzen das Bild der Wohnbarkeit einer Alleestraße.

Die Überdachung hat eine Breite von 78 m, überdeckt somit acht Gleise samt den zugehörigen Bahnsteigen, und hat eine Länge von 238 m. Auch die Länge dieser baulichen Anlage zeigt deutliche Calatrava'sche Merkmale auf. Dies ist bei der „Wall of Nations“ in Athen, dem „Umbracle“ und „Wissenschaftsmuseum“ in Valencia, der „Bodegas Ysios“ in Laguardia und vielen weiteren zu beobachten.

Das gesamte Bauwerk ist in Stahl gefertigt und Calatrava-typisch weiß eingefärbt. Die Überdachung besteht aus durchscheinendem Plastwerkstoff.<sup>14</sup>

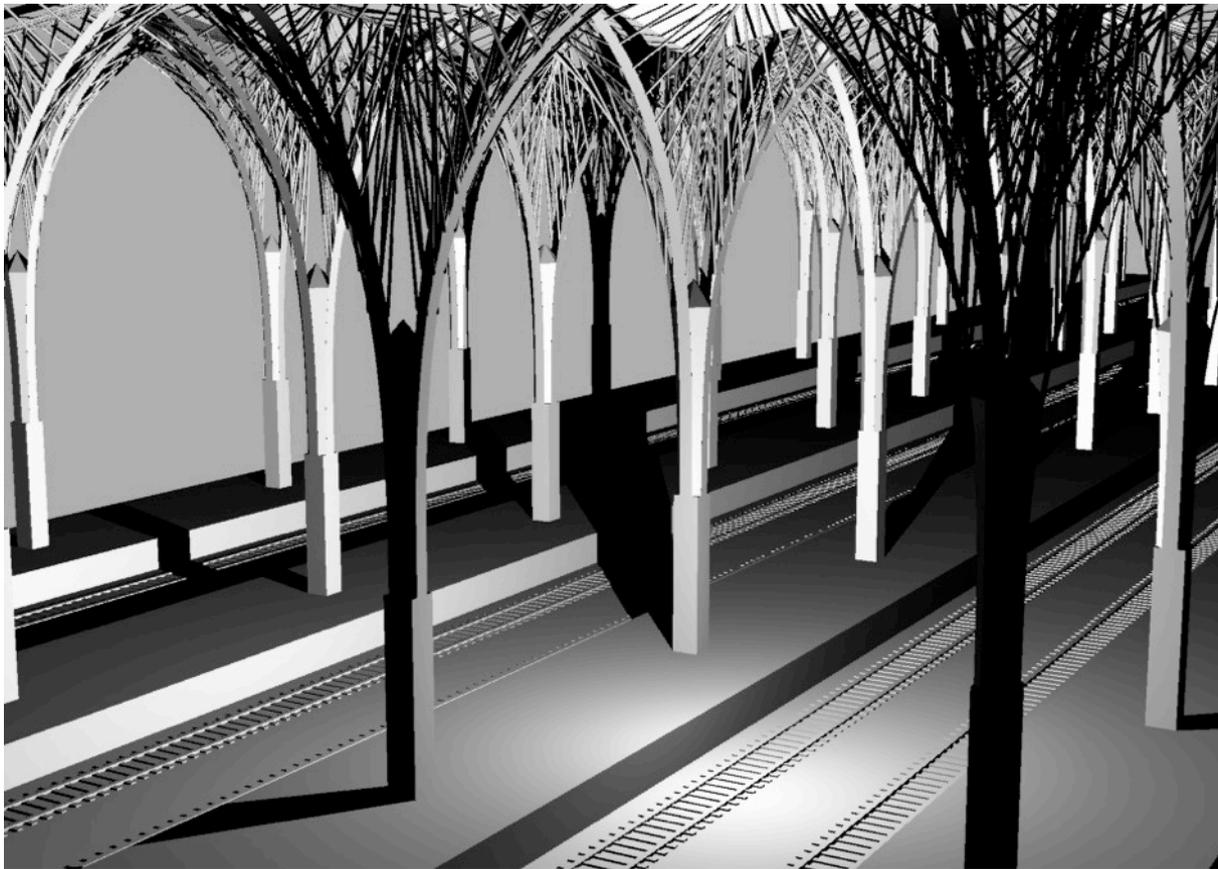


Abbildung 34: Innenaufnahme der Station Oriente, Lissabon

---

<sup>14</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 299

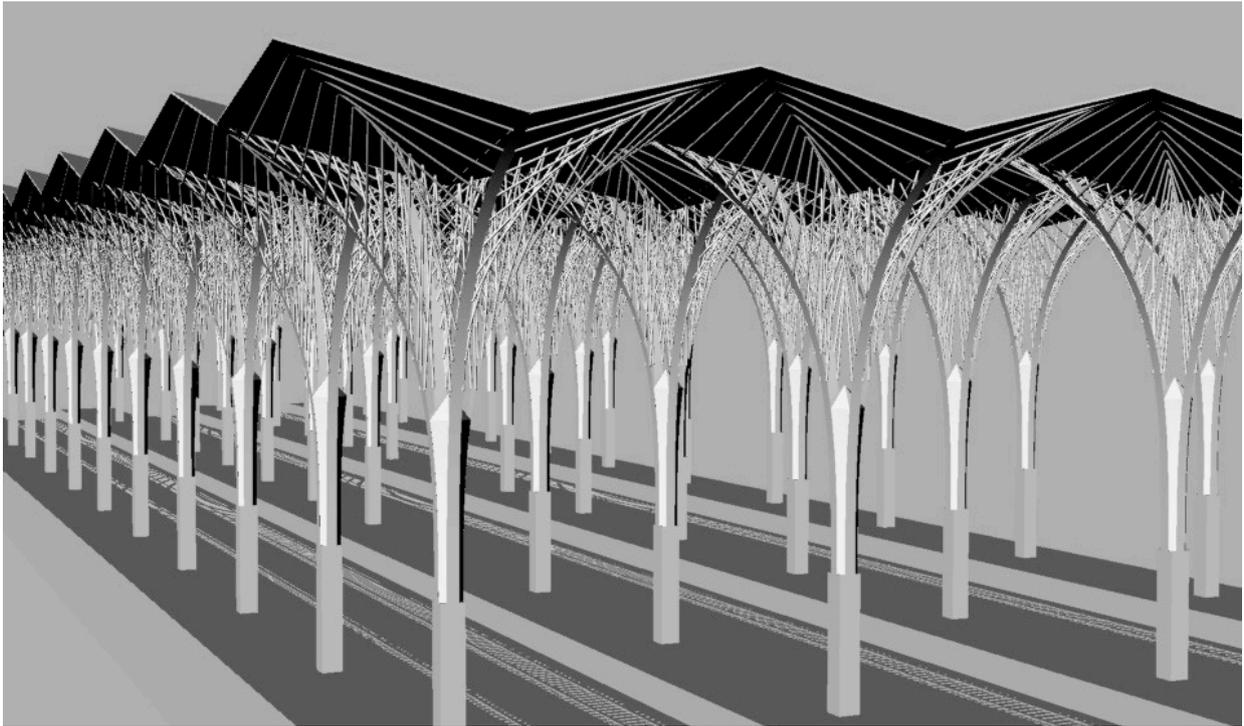


Abbildung 35: Station Oriente, Lissabon

### 3.4 Hochhäuser

Die von S. Calatrava projektierten Hochhäuser unterscheiden sich in ihren Grundideen wesentlich voneinander. Dient der bezüglich der Grundfläche von unten bis oben gleichbleibende „Turning Torso“ im Malmö überwiegend als Wohngebäude, so ist der geplante „Chicago Spire“ zur Verwendung als universell nutzbares Büro-, Veranstaltungs- und Wohngebäude vorgesehen. Bei beiden ist die Verdrehung der Geschosse um den in der Mitte liegenden Kern charakteristisch.

Der „80 South Street Tower“ am East River in New York, mit 12 jeweils viergeschossigen Wohneinheiten und einer Höhe von 254 Metern, unterscheidet sich vom Aussehen her wesentlich von den beiden vorhergenannten Hochhäusern, da das Calatrava-typische Hochhausmerkmal, nämlich die Drehung, fehlt. Die zentrale Säule für die technischen Einrichtungen, wenn auch bezüglich der einzelnen Wohneinheiten leicht aus den Mitte versetzt, ist vorhanden. Auch zwei außerhalb der Wohneinheiten aufsteigende Säulen samt horizontalen und schrägen Verstreben sind mit dem „Turning Torso“ in Malmö vergleichbar.

Interessehalber wurde versucht, den Wohnturm am East River in „Calatrava’sche Drehung“ zu versetzen und ihn als „Helix Tower“ zu bezeichnen.

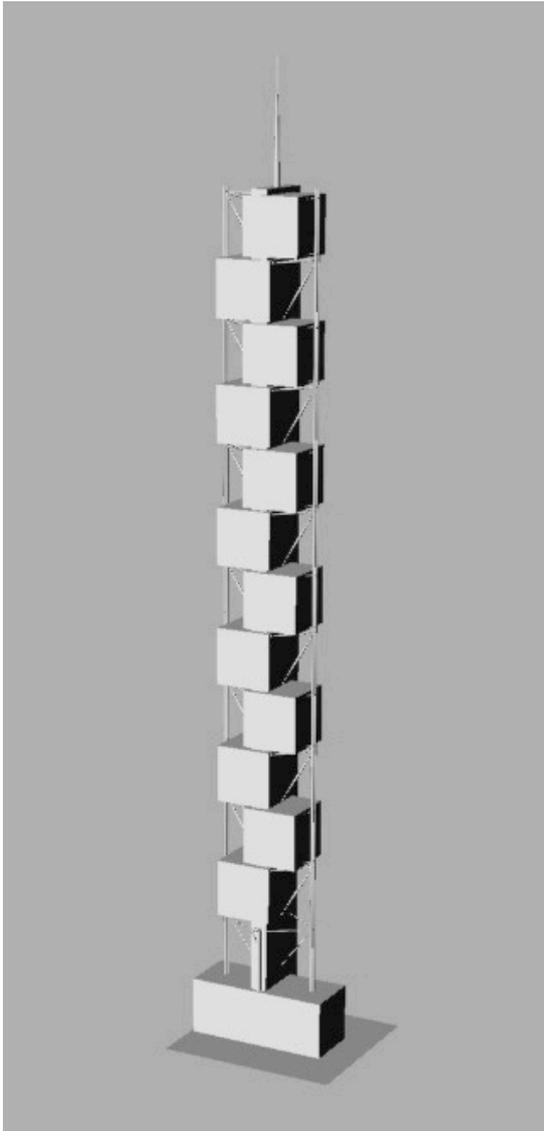


Abbildung 36: 80 South Street Tower

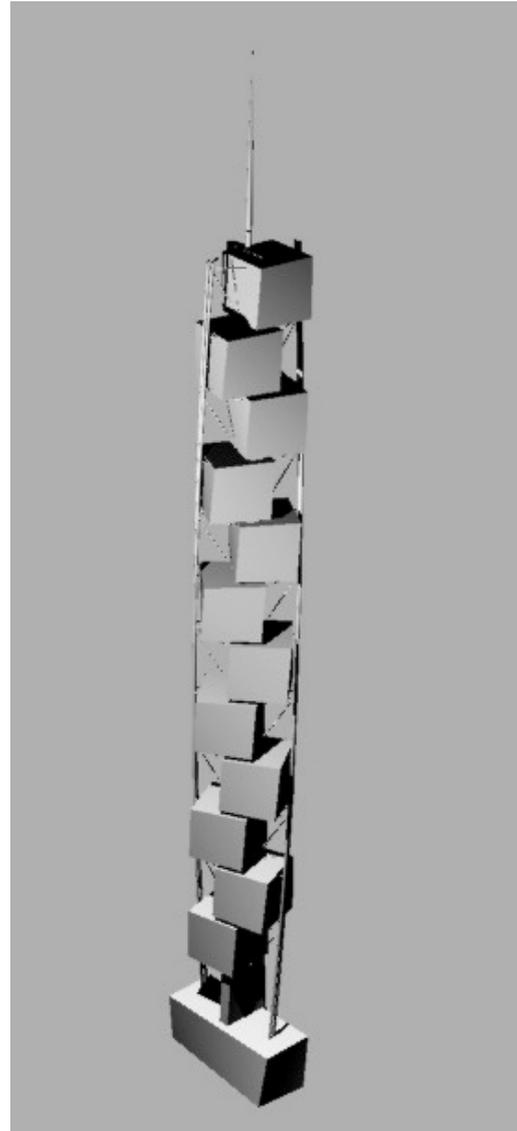
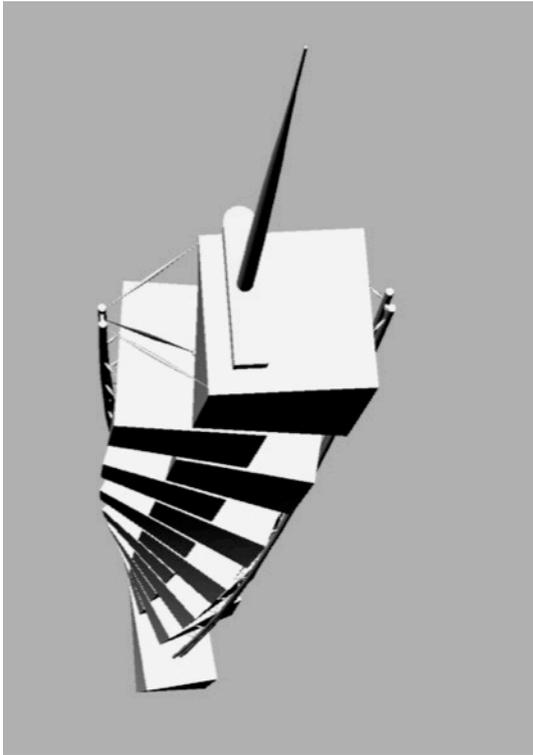
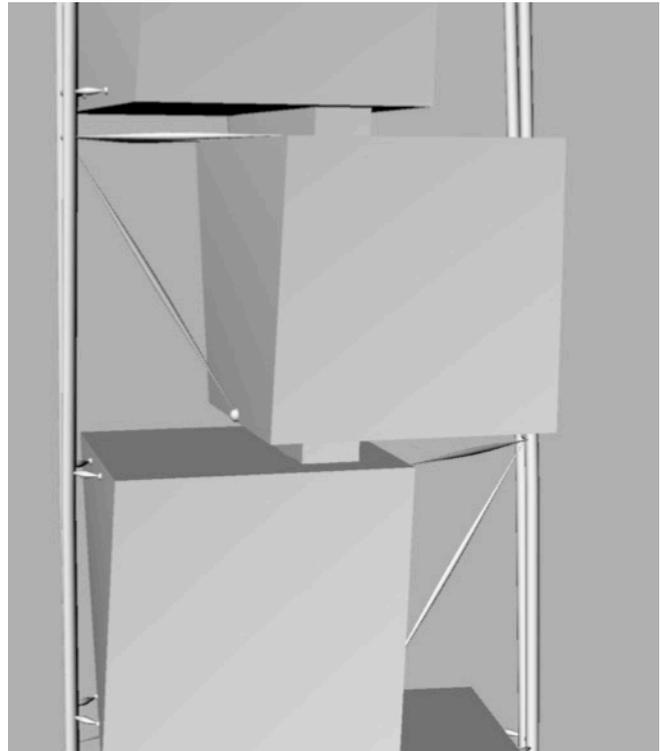


Abbildung 37: „80 South Street Helix Tower“



**Abbildung 38: „Helix Tower“ aus der Vogelperspektive**



**Abbildung 39: Einzelne gedrehte Wohneinheiten**

Laut einem Interview 2009 beginnt Calatrava seine Bauwerke immer damit, ein Hauptaugenmerk auf die geographische Lage, den ortsüblichen Traditionen sowie die dortigen menschlichen Gewohnheiten zu legen. Bei aufwendigeren Bauwerken unterteilt Calatrava generell zwischen den Bereichen, „in denen etwas vor sich geht“, und „dem Rest“, der jeden Architekten durch seine eigenen Charakterzüge auszeichnet. „Der Rest“ kristallisiert auch die Qualität des architektonischen Wissens jedes einzelnen heraus, da hierfür ein gewisses Verständnis in Bezug auf Verwendung erforderlich ist.<sup>15</sup>

---

<sup>15</sup> Vgl. o. V.: An interview with Santiago Calatrava (2009). online unter: [http:// haiart.wordpress.com/2009/03/08/an-interview-with-santiago-calatrava/](http://haiart.wordpress.com/2009/03/08/an-interview-with-santiago-calatrava/) (zugegriffen am 19. November 2014, 20.41 Uhr).

## 4 Gegenüberstellung „Turning Torso“ und „Chicago Spire“

### 4.1 „Turning Torso“, Malmö

Kurz vor der Jahrtausendwende widmete sich S. Calatrava seinem ersten Hochhaus-Projekt. Mit Skizzen eines sich nach rechts windenden männlichen Torsos begann er dieses Vorhaben. Hierauf folgten weitere Entwürfe, die zuerst aus sieben übereinander angeordneten, sich insgesamt um 90°- drehenden Würfeln bestanden. An Stelle der würfelähnlichen Kastenelemente traten leicht voneinander abgehobene Einzelbauwerke, die sich um einen innen liegenden Kern winden. Die nun im Grundriss nicht mehr als Quadrate sondern nahezu als Fünfeck erscheinende Einzelbauwerke werden nach oben richtend gewunden. Während die Bauelemente von drei Seiten her als einzelne Objekte wahrgenommen werden können, so sind die zwei großen, mit einem Knick versehenen Flächen, sich ununterbrochen nach oben windend, verbunden. Im Letztentwurf und in der Ausführung sind neun übereinander liegenden Elemente durch festigende Stahlrohre, ähnlich der Form einer menschlichen Wirbelsäule samt den anschließenden Rippen, verstrebt. Die dadurch gewonnene Festigkeit ermöglicht es, die Geschossflächen bis oben gleich groß zu halten, ohne dass auf die Windlast im oberen Gebäudeteil besondere Rücksicht genommen werden muss. Einerseits verfügt der Wohnturm über ein Erdgeschoss wie die umgebenden Gebäude. Andererseits unterscheidet sich dieses Hochhaus stark vom dort vorherrschenden Baustil. Sind in dieser Umgebung eher niedrige, rechteckige Häuser vorherrschend, so tritt der hohe, sich drehende Turm aus diesen wesentlich gestaltend hervor.<sup>16</sup>

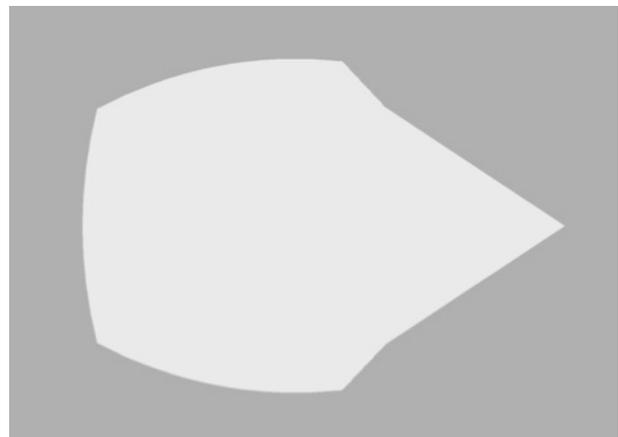


Abbildung 40: Fünfeckiger Grundriss des Turning Torso

<sup>16</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 403

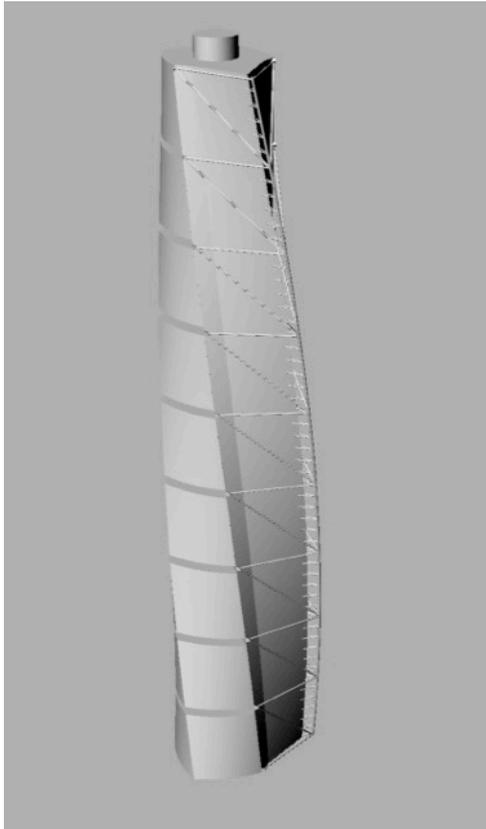


Abbildung 41: Turning Torso, Malmö

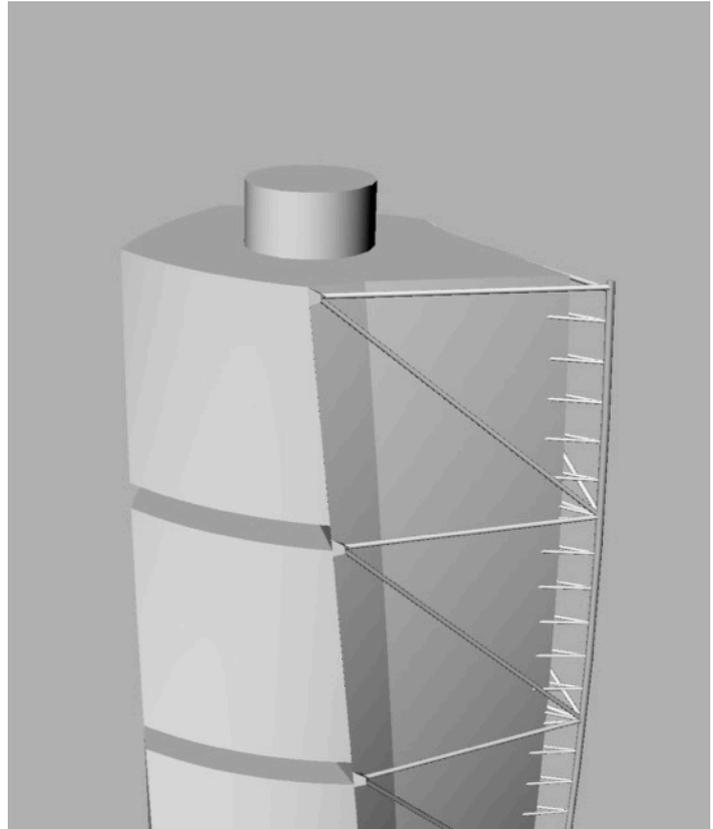


Abbildung 42: Einzelne Bauelemente

## 4.2 „Chicago Spire“

Im Wettstreit mit New York um das höchste Gebäude der Vereinigten Staaten, wollte Chicago nach dem schon vorhandenen „Willis Tower“ (442 m, 1974 errichtet), mit einem noch höheren Gebäude auf sich aufmerksam machen. Das derzeit höchste Gebäude des USA, das „One World Trade Center“ in New York mit einer Höhe von 541 m, wurde in der Zeit von 2006 bis 2014 errichtet und sollte dazu beitragen, 9/11 vergessen zu machen. Dies stellt den New Yorker Gegenpol im Bezug auf Höhenrekord dar.

An der „North Water Street“, unmittelbar am Lake Michigan, in Ergänzung und als Erweiterung der bereits vorhandenen Silhouette Chicagos, sollte sich bis 2009 der 610 m hohe Turm erheben.

„Zurzeit herrscht weltweit eine gewisse finanzielle Zurückhaltung weshalb sich der Weiterbau verzögert.“<sup>17</sup>

Die geplanten 160 Stockwerke haben eine Gesamtgrundfläche von 85 500 m<sup>2</sup> und sind vorgesehen für die überwiegende Verwendung als Büro, Appartements und Hotelapplikationen.<sup>18</sup>

Wie schon beim „Turning Torso“ basiert auch hier die tragende Struktur auf dem inneren Kern. Somit wird erzielt, dass die einzelnen bewohnten Stockwerke voneinander unabhängig und eigenständig gestaltet werden. „Beim Stapeln dieser Kästen wird jeder etwas weiter als 2° über den darunterliegenden hinaus gedreht.“<sup>19</sup>

Die regelmäßige siebeneckige Grundfläche, deren Seitenlängen mit einer Wölbung nach innen ausgeführt sind, schrauben sich um insgesamt 270° leicht verjüngend nach oben. Durch diese Schraubung und durch das Fehlen der vertikalen Kanten entsteht für das menschliche Auge der Eindruck einer schier endlosen Höhe. Dasselbe Phänomen tritt auch bei der Zentralprojektion oder beim horizontalen Einblick in eine lange, gerade Straße auf.



**Abbildung 43: Grundriss des Chicago Spire**

Durch die helixförmige Außenstruktur entsteht auch ein täuschendes Bild dahingehend, dass das menschliche Auge versucht eine wirkliche Bewegung darin zu erkennen.

Auf Grund der so markant ausgebildeten Calatrava'schen Gebäudeschraubung, die bisher in der modernen Weltarchitektur noch nie da gewesen ist, scheuten mehrere Architekten von Weltgeltung nicht davor zurück, dieses neue Element, wenn auch in geringfügig abgeänderter Form, in ihre Hochhausprojekte einfließen zu lassen. Ein dafür zu nennendes Beispiel ist der sich zur Zeit in Bau befindende „Shanghai Tower“ des Architekten Marshall Strabala mit einer Höhe von 632 m, einer dreieckigen Grundfläche und einer Rotation von 120° um die vertikale Achse.

<sup>17</sup> Calatrava, Santiago: Besuch in seinem Büro in Zürich, September 2012

<sup>18</sup> Vgl. Jodidio, Calatrava, S. 491

<sup>19</sup> Jodidio, Calatrava, S. 491

Nicht nur der ästhetischer Eindruck sondern auch die Zweckmäßigkeit und die festigkeitsmäßigen Vorteile infolge der konkaven Seitenflächen, der Rotation um die vertikale Achse und der Verjüngung mildern die Auswirkungen der Kármán'schen Wirbel hinter dem umströmten Baukörper und machen das Gebäude dadurch windunempfindlicher.<sup>20</sup>

Im Rahmen der Planung des „Burj Khalifa“, Architekt Adrian Smith, dem derzeit höchsten Gebäude der Welt, Dubai, V.A.E., galt es auch, die Beeinträchtigung durch Luftströmungen zu vermindern. Dort wurden zur Verminderung der Luftwirbel sich vertikal schraubende Abstufungen genutzt.

---

<sup>20</sup> Vgl. o. V.: Lexikon der Physik. Kármán'sche Wirbelstrasse (Heidelberg, 1998). online unter: <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/kármán'sche-wirbelstrasse/7805> (zugegriffen am 19. November 2014, 21.09 Uhr).

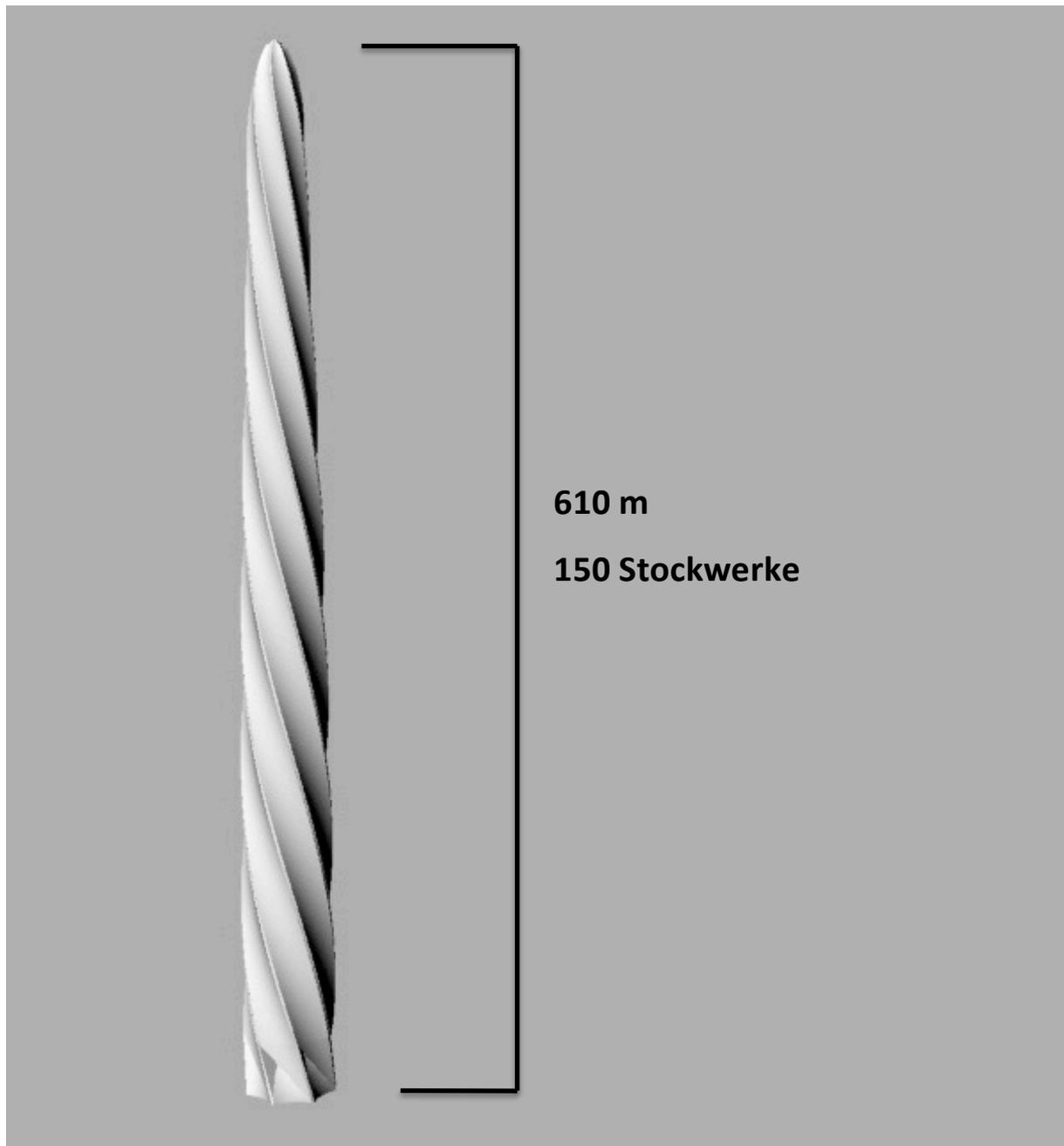
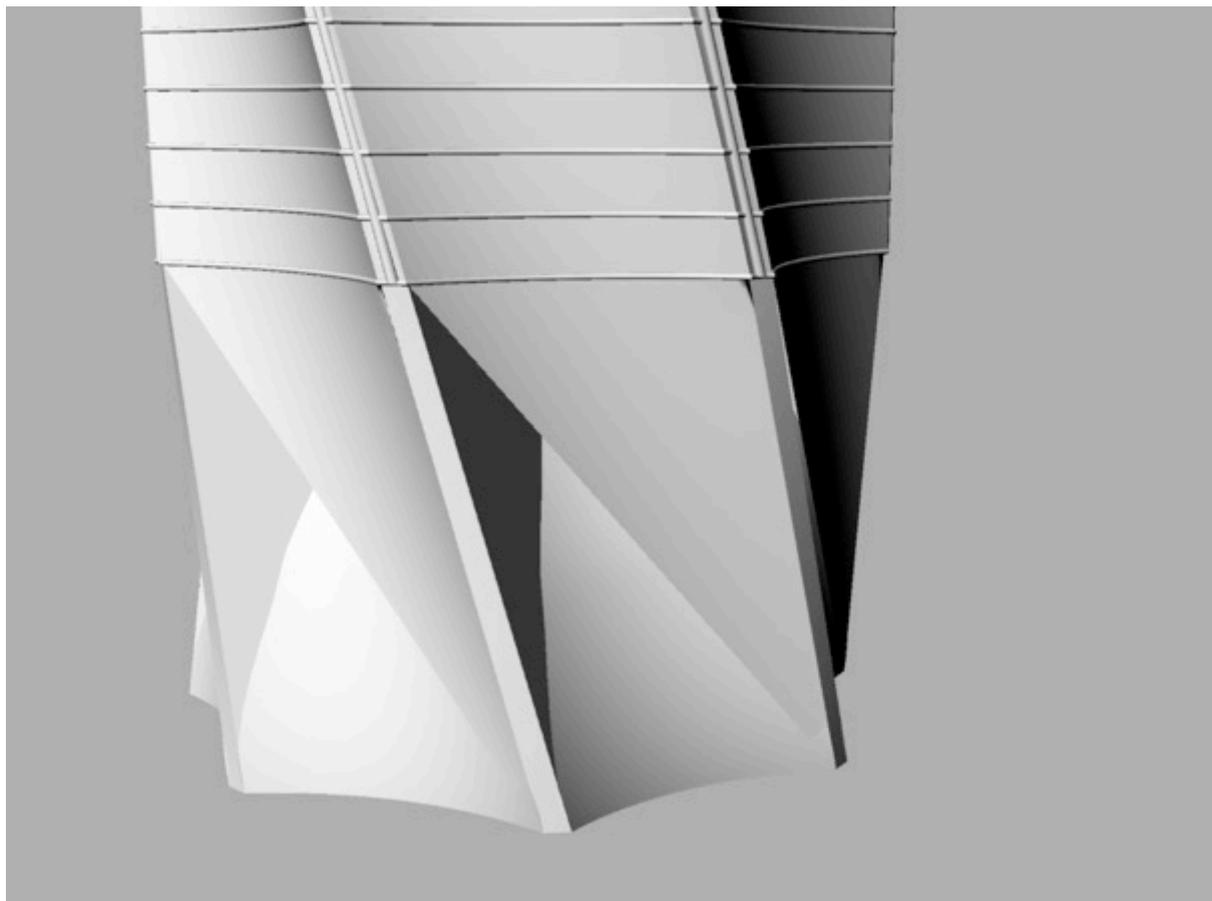


Abbildung 44: Chicago Spire, Chicago



**Abbildung 45: Entrée des „Chicago Spire“**



**Abbildung 46: Einzelnes Stockwerk des "Chicago Spire"**

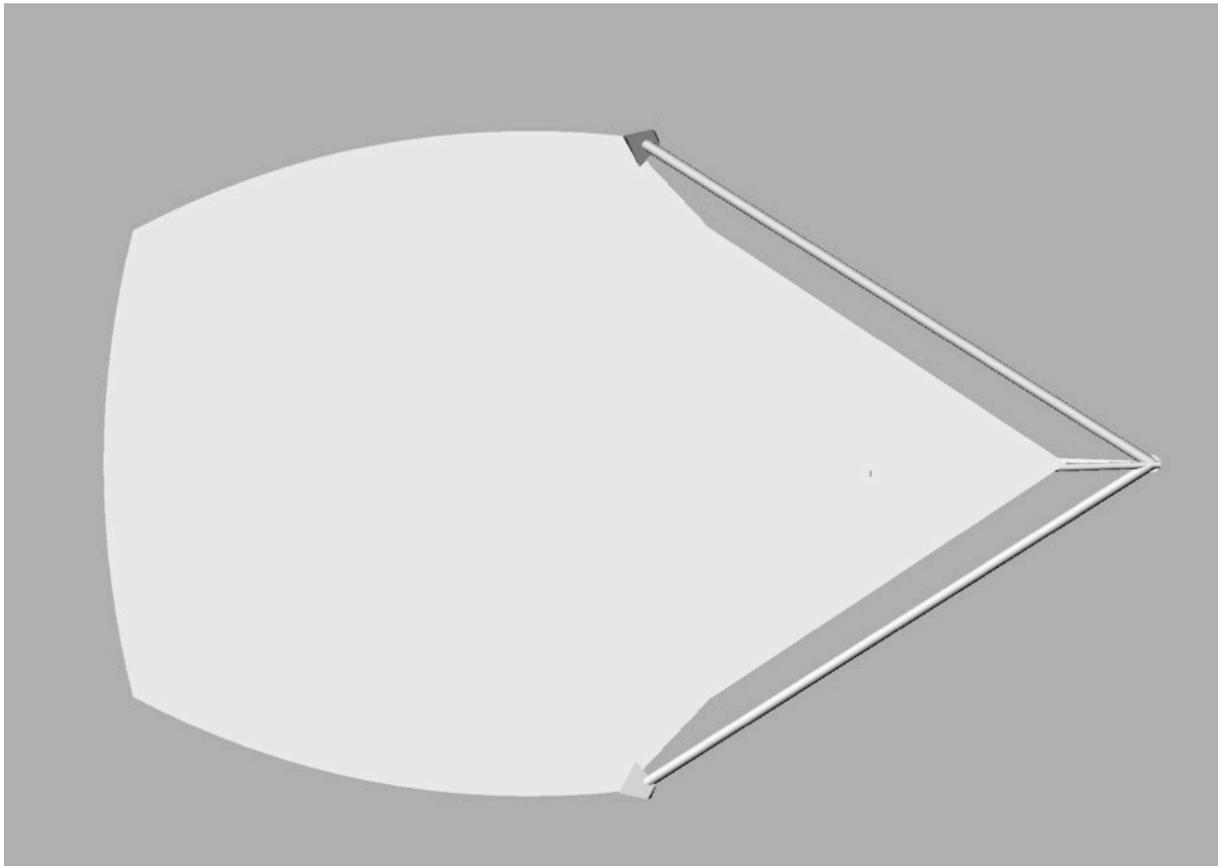
## 4.3 Gegenüberstellung

Sowohl beim „Chicago Spire“ als auch beim „Turning Torso“ lassen sich viele Calatrava-typische Merkmale feststellen. Die Unterschiede und Gemeinsamkeiten dieser beiden Bauwerke werden in diesem Kapitel hervorgehoben, analysiert und miteinander verglichen.

### 4.3.1 Unterschiede

Ein Unterschied der beiden Türmen besteht darin, dass drei Seitenflächen des „Turning Torso“ eine leichte Wölbung nach außen aufweisen. Die zwei anderen Seitenflächen hingegen sind mit einem geringen Knick nach innen versehen. Im Gegensatz dazu sind alle sieben Seiten des „Chicago Spire“ mit einer Wölbung nach innen ausgelegt.

Erklären lässt sich diese Bauart beim „Turning Torso“ einerseits als designerisches Element, andererseits ist eine Erklärung aber auch aus bautechnischen Gründen mutmaßlich, weil dadurch die Rippenverstrebenungen in der Mitte der Großfläche des Hochhauses immerhin einen Abstand von mehr als einen Meter zur überwiegend mit Glas bedeckten Fassade aufweisen. Da erfahrungsgemäß solche Elemente in unmittelbarer Fensternähe für die Bewohner störend wirken und außerdem ein gewisser Abstand aus Fassadenreinigungsgründen erforderlich ist, lässt sich die Notwendigkeit des angedeuteten Knickes erklären.



**Abbildung 47: Ersichtlichkeit des Abstandes der Versterbungen zur Großfläche**

Weiters kommen die verstrebbenden Rippen in ihrer dreidimensionalen Auswirkung durch den geringfügigen Spielraum zum Gebäude vorteilhaft zur Geltung.

Der als Verstärkung dienende, vertikale Rohrbogen beim „Turning Torso“ mit den verstrebbenden Rippen außerhalb des Gebäudes wurde desweiteren auch als gebäude-charakteristisches Designelement beim Bau des „Burj al Arab“, Architekt W.S. Atkins & Partners, Dubai, V.A.E, angewandt.

Ein weiterer Unterschied lässt sich bei der Betrachtung der Fassadengestaltung feststellen. Beim „Turning Torso“ sind rechteckige Fenster in der Fassade eingelassen, vergleichbar mit Fenstern in einem Gebäude aus Mauerwerk. Im Gegensatz dazu ist die Fassade des „Chicago Spire“ wie in modernen Hochhäuser üblich, durchgehend aus Glas mit zarten metallischen Fassungen ausgeführt.

Wie schon vorher dargetan ist die Grundfläche der einzelnen Stockwerke des „Turning Torso“ über die gesamte Gebäudehöhe von 180 m konstant. Die Ausführung des Daches ist flach. Bei einer Höhe von 610 m, die der „Chicago Spire“ aufweist, muss trotz aller fassadengestalterischen Elemente Rücksicht auf die Windangriffsfläche dahin gehend genommen werden, dass sich die Geschossflächen bis zur Spitze hin verjüngen. Es kann vermutet werden, dass bei einer solchen Höhe schwingungsausgleichende Einrichtungen in den obersten Stockwerken erforderlich sind.

Während der „Turning Torso“ mit seinen unterirdischen Räumlichkeiten scheinbar aus dem Erdboden herauswächst, steht der „Chicago Spire“ auf einem äußeren und inneren Ring von Stelzen. Ein Erdgeschoss ist in diesem Sinne nicht vorhanden, sondern es besteht ebenerdig ein arkadenartiger Durchgangsbereich in allen Richtungen, der sich benachbarten Gebäuden angleicht.

Ein wesentlicher gestalterischer Unterschied besteht noch darin, dass der „Turning Torso“ aus scheinbar einzelnen, verdrehten, würfelartigen Elementen zusammengesetzt ist, wohingegen sich der „Chicago Spire“ fortlaufend nach oben drehend verjüngt.

### **4.3.2 Gemeinsamkeiten**

Eine große Gemeinsamkeit der beiden Bauwerke ist der zentrale, tragende Kern. Somit können die übereinander liegenden Geschossflächen je nach Bedarf nahezu beliebig gestaltet werden. Der Gebäudekern dient auch zur Unterbringung der Gebäudetechnik und der Gebäude-Infrastruktur.

Sowohl der „Turning Torso“ als auch der „Chicago Spire“ unterscheiden sich in ihrer Höhe von den umgebenden Baulichkeiten. Dadurch prägen sie die Skyline wesentlich.

Trotz Unterschiede ist die architektonische Verwandtschaft der beiden Türme darin erkennbar, dass sich die Drehung als typisches Kennzeichen ihres Architekten hervortut. Sie wurde von S. Calatrava erstmalig in der modernen Architektur geschaffen und seitdem mehrmalig, wie schon erwähnt, leicht abgewandelt wiederholt.

## 5 Calatrava's Lieblingselement „Der Bogen“

Die Bögen sind nicht nur S. Calatravas Lieblingselement sondern auch namensgebend für diese Richtung der Kunst. Der vom lateinischen Wort „arcus“ stammende Begriff „Architektur“ ist „der nach den Regeln der Baukunst gestaltete Aufbau eines Gebäudes“<sup>21</sup>. Die Übersetzung des lateinischen Wortes „arcus“ bedeutet zu deutsch „Bogenmaß“.<sup>22</sup>

Sowohl in Valencia als auch zur selben Zeit in Athen wurden von S. Calatrava teilgedeckte Bogenhallen, die sich der Namensgebung verschrieben haben, entworfen.

In der Bauausführung seiner Werke ist das Stahlrohr oder der Stahlprofilbogen vorherrschend.

### 5.1 „L'Umbracle“, Valencia

Das in der „Stadt der Künste und Wissenschaften“ errichtete Meisterstück nennt sich im Rahmen der gesamten Deltaverbauung des Flusses Turía „L'Umbracle“. Die katalanische bzw. valencianische Übersetzung des Wortes „umbroso“, beinhaltet die Wendung der schattenspendenden Überdachung.<sup>23</sup>

Die 18 m hohe, auf der Zentralstation für interne Besichtigungsfahrten durch die „Stadt der Künste und Wissenschaften“ errichtete Überbauung dient der Unterbringung und der würdigen Darstellung der dort heimischen Palmen- und Sträucherwelt.

Das über eine Länge von circa 250 m errichtete „Umbracle“ besteht aus parabelförmigen Bögen. Die geradlinige Aneinanderreihung erfolgt im Abstand von etwa drei Metern, wobei jeder zweite Bogen um etwa zwei Meter entlang der vertikalen Achse angehoben worden ist. Somit ist jeder zweite Bogen nicht mehr fundamementiert, sondern schwebend über zarte Verbstreben mit den fundamementierten Bögen verbunden. Dadurch entsteht ein weiteres Gefühl der Leichtigkeit und Schwerelosigkeit.

---

<sup>21</sup> Wermke, Matthias/Kunkel-Razum, Kathrin/Scholze-Stubenrecht Werner (Hg.) u.a.: Duden Fremdwörterbuch. Fremdwörterbuch. Duden 5. 8., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Mannheim: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2005, S.89.

<sup>22</sup> Wermke / Kunkel-Razum / Scholze-Stubenrecht, Duden Fremdwörterbuch, S. 92

<sup>23</sup> o. V.: Pons – Online Wörterbuch. Online unter <http://de.pons.com/übersetzung?l=dees&q=umbroso> (zugegriffen am 5. Februar 2015, 23.15).



Abbildung 48: Innenansicht mit Pflanzen des L'Umbracle, Valencia

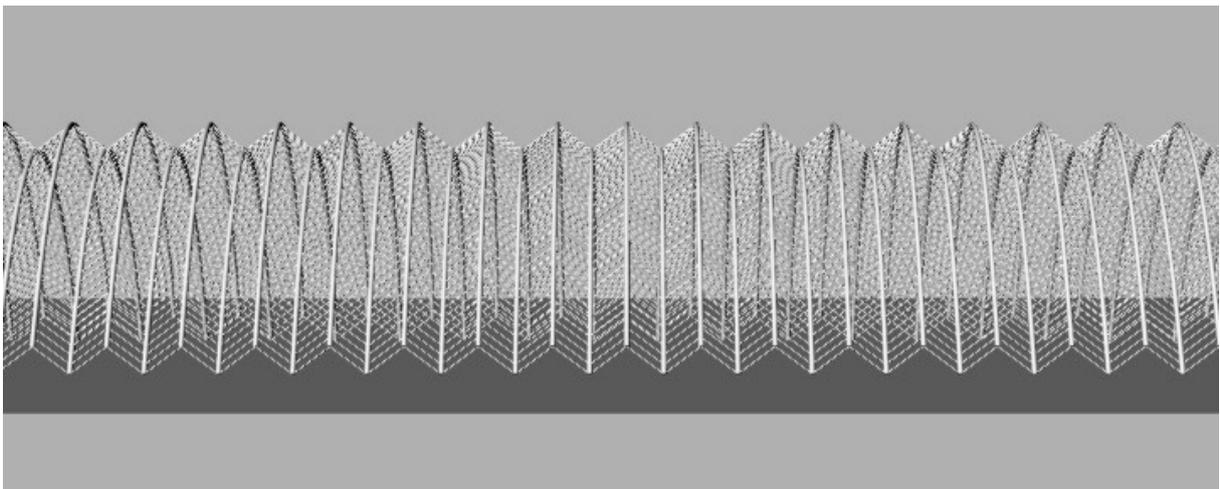


Abbildung 49: Sichtbarkeit der Parabeln mit Anhebung nach oben

## 5.2 „L'Agora“ im Olympiakomplex, Athen

Wenn sie auch nicht ident sind, so weisen das „Umbracle“ in Valencia und die Eingangshalle „Agora“ zur olympischen Sportstätte in Athen bestimmte Gemeinsamkeiten auf.

In Athen bilden zwei unterschiedlich hohe, jedoch am Fuße gleich breite Parabeln mit einer Höhendifferenz von etwa zwei Metern, die abwechselnd mit Längsabstand aneinander gereiht sind, die tragende Struktur. Die Parabeln sind untereinander über die gesamte Parabellinie durch zarte Querstäbe im Abstand von etwa 30 cm verbunden. So erhält das Gesamtbauwerk eine gezackte Silhouette. Durch die Anzahl der vielen Verstrebrungen entsteht eine schattenspendende Wirkung.

Die Fundamentierung aller Stäbe erfolgt in ovalen Betonsockeln. Das Bauwerk ist in Stahlbauweise errichtet und weist im Grundriss eine leichte, gleichmäßige Krümmung über eine Länge von etwa 400 m auf.

Im Gegensatz zu Valencia beherbergt sie keine innenliegende Vegetation, sondern diente bei den Olympischen Spielen 2004 in Athen als geordnetes Zu- und Abgangsportal vom Haupteingang des gesamten Sportareales bis zum ebenfalls von S. Calatrava errichteten Olympiastadium. Ein weiterer Zugang zu diesem Wandelgang befindet sich im ersten Drittel im Bereich der Metro Station.

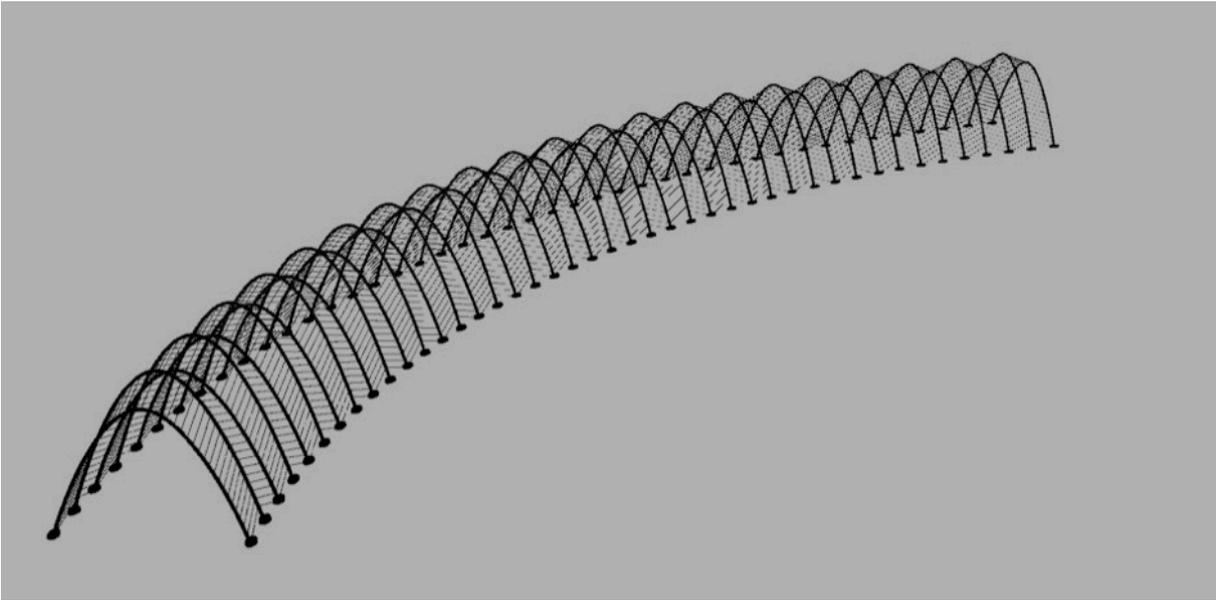


Abbildung 50: L'Agora, Athen

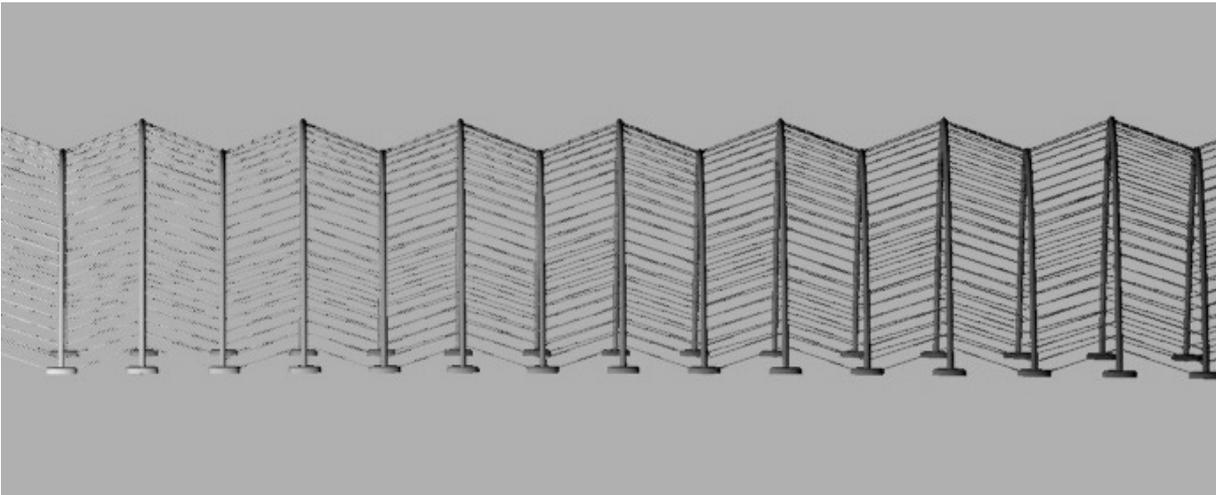


Abbildung 51: Die zwei unterschiedlich hohen Parabeln

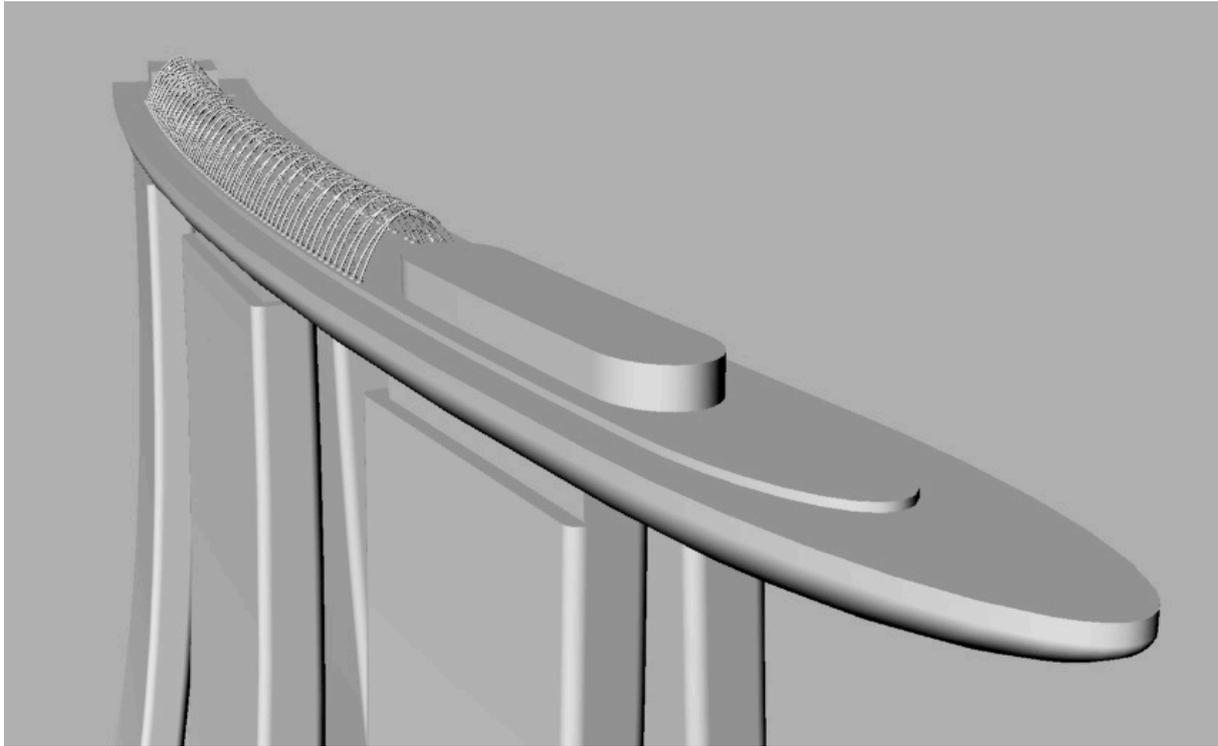


Abbildung 52: Gezackte Bauweise der Agora, Athen

### 5.3 Meine Idee einer Ergänzung: „Marina Bay Sands“ Hotel, Singapur

Anlässlich eines Aufenthaltes im „Marina Bay Sands Hotel“ in Singapur, Architekt Moshe Safdie, im Sommer 2014 wurde ich auf der Dachterrasse des leicht gekrümmten „Dachbalkens“, der in seiner Formgebung als Schiffsrumpf gesehen werden kann und die drei darunter liegenden Türme auf einer Höhe von 250 m verbindet sowie einen Infinity-Pool und einige Restaurants beherbergt, auf einen in der Längsmittlie liegenden Gang, der sich aus rechtwinklig aneinander gefügten, geraden Stahlprofilträgern zusammensetzt, aufmerksam. Dieser Gang ist von Palmen gesäumt.

Das somit vorherrschende Bild erinnert merklich an das mit weißen Bögen überdachte „Umbracle“ S. Calatrava's in Valencia.



**Abbildung 53: Aufnahme des gesamten Dachareals**

Anlässlich ästhetischer Gründe, wäre für die Meisterleistung des Architekten Moshe Safdie ein Calatrava'scher Bogengang anstelle der vorhin erwähnten rechtwinklig angeordneten Balken auf der Dachterrasse des Hotel angemessen. Dieser könnte auch von Straßenniveau aus als würdige Eindeckung des weltberühmten und silhouettenbildenden Hotels erkannt werden.

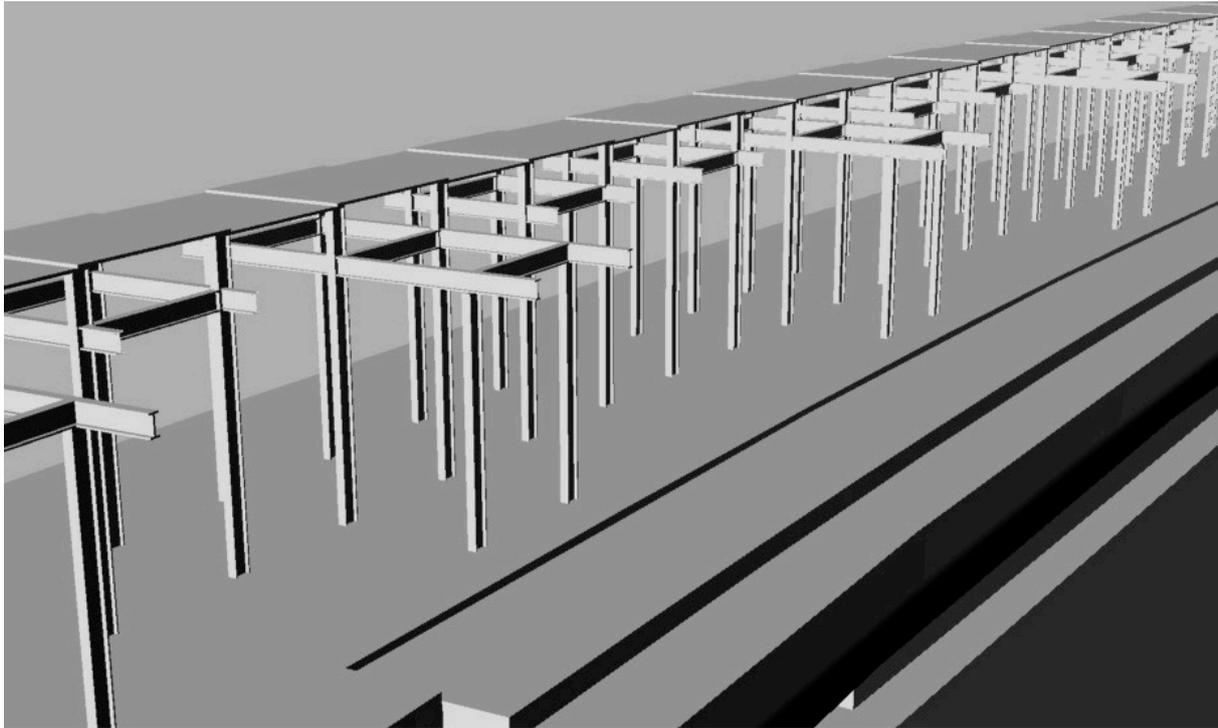


Abbildung 54: Marina Bay Sands mit derzeitiger Überdachung

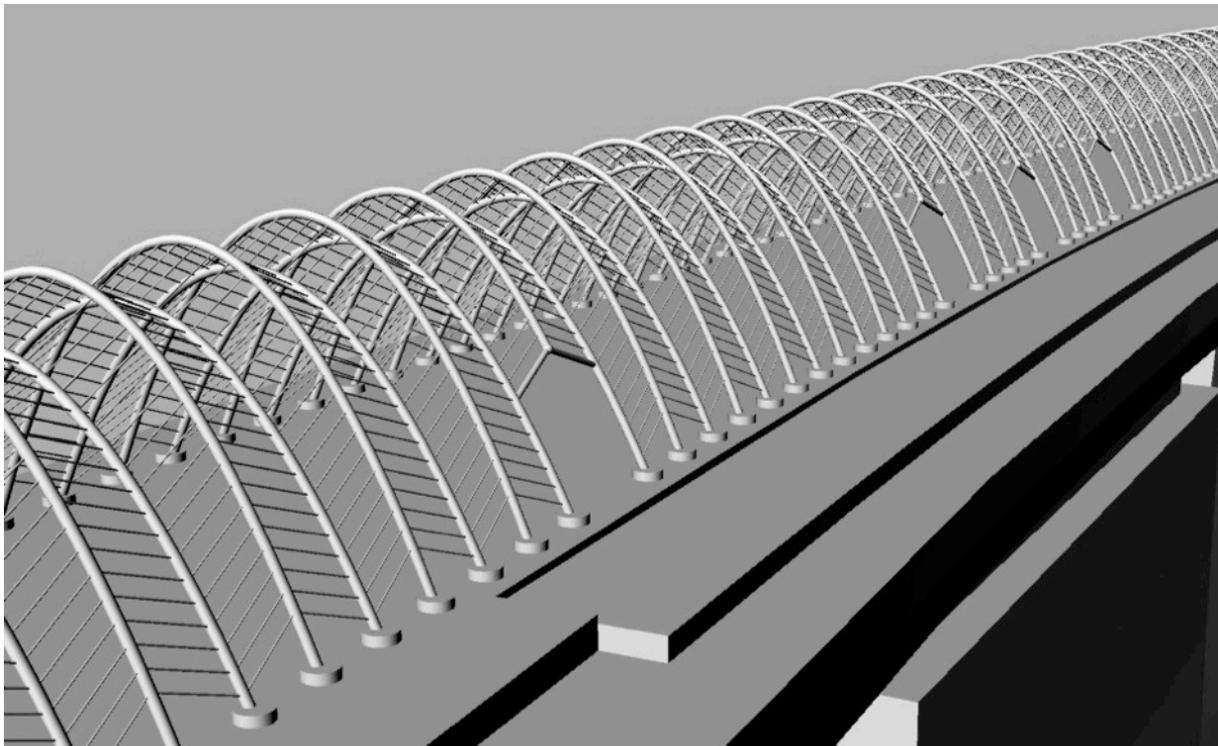


Abbildung 55: Marina Bay Sands mit Calatrava'scher Bogenhalle

## 6 Zusammenfassung

Ziel dieser vorwissenschaftlichen Arbeit im Unterrichtsfach „Darstellende Geometrie“ war es, einige markante Bauwerke S. Calatrava's mit dem CAD-Programm Rhino nachzumodellieren, deren Gestaltungsweise näher zu analysieren und aufgrund von Gemeinsamkeiten zu gliedern.

Der umfangreicheren Analyse liegen zwei Bauwerkskategorien zugrunde.

Zum einen wurden die Parabelhallen in Valencia und Athen miteinander verglichen und nachmodelliert sowie ihre Gemeinsamkeiten und Unterschiede erarbeitet.

Zum anderen stehen die von Calatrava erstmals geschaffenen gedrehten Gebäuden im Vergleich. Als „Turning Buildings“ werden in dieser Arbeit der „Turning Torso“ in Malmö und der sich noch in Bau befindliche „Chicago Spire“ in Chicago angeführt. Auch diese beiden Hochhäuser wurden auf Übereinstimmungen und Abweichungen gegeneinander untersucht und nachmodelliert.

Im Studium des Calatrava'schen Werkes ergab sich, dass auch versucht wurde Bauwerke außerhalb dieser beiden Kategorien mit vertretbarem Aufwand grafisch darzustellen. Diese Darstellungen bereichern diese Arbeit dahingehend, damit eine erweiterte Vorstellung des Textes ermöglicht wird.

Im Rahmen der Vergleichs- und Analysiertätigkeit geriet man auch auf andere Architekten und deren Werke, die im Rahmen dieser Studie des Calatrava'schen Werkes Einfluss hatten beziehungsweise beeinflusst wurden.

Wie eingangs bereits aufgezeigt, ist S. Calatrava von künstlerischen Darstellungen beseelt. Seine baulichen Kunstwerke sind sowohl von der räumlichen Dimensionierung als auch von der geistigen Schönheit so geprägt, dass sie in keinem noch so renommierten Museum Unterkunft fänden. Sie werden nicht wie in einem Museum an einer weiß gestrichenen Wand oder in einer Glasvitrine zur Schau gestellt, sondern sie werden begangen, bearbeitet, bewohnt, bestaunt, belebt und erlebt. S. Calatrava ist also doch der eingangs erwähnte Künstler.

# 7 Verzeichnisse

## 7.1 Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1: PALAU DE LAS ARTS REÍNA SOFIA, VALENCIA	4
ABBILDUNG 2: PUENTE DE MONTOLIVET, VALENCIA	5
ABBILDUNG 3: ANSICHT DES HEMISFÈRIC MIT GESCHLOSSENEM (LINKS) UND GEÖFFNETEM (RECHTS) „AUGENLID“, VALENCIA	5
ABBILDUNG 4: HEMISFÈRIC, VALENCIA	6
ABBILDUNG 5: VORDERANSICHT DES MUSEO DE LAS CIENCIAS PRÍNCIPE FELIPE, VALENCIA	6
ABBILDUNG 6: RÜCKSEITE DES MUSEO DE LAS CIENCIAS PRÍNCIPE FELIPE, VALENCIA	7
ABBILDUNG 7: GESAMTANSICHT DES UMBRACLE, VALENCIA	7
ABBILDUNG 8: PUENTE DE L'ASSUT DE L'OR, VALENCIA	8
ABBILDUNG 9: L'AGORA, VALENCIA	8
ABBILDUNG 10: ALPINE BRIDGE 1	12
ABBILDUNG 11: NAHAUFNAHME DER FAHRBAHN UMSCHLINGENDEN SÄULE DER ALPINE BRIDGE 1	13
ABBILDUNG 13: PUENTE DEL ALAMILLO, SEVILLA	14
ABBILDUNG 14: PUENTE DEL ALAMILLO MIT SICHT AUF DIE BEIDEN FAHRBAHNEN UND DEN FUßGÄNGERÜBERGANG	15
ABBILDUNG 15: PUENTE DE LA ALAMEDA, VALENCIA	16
ABBILDUNG 16: MARGARET HUNT HILL BRIDGE, DALLAS	17
ABBILDUNG 17: ANSICHT AUS FUßGÄNGER-PERSPEKTIVE	17
ABBILDUNG 18: ANSICHT VON SCHRÄG VORNE	18
ABBILDUNG 19: ANSICHT VON VORNE	18
ABBILDUNG 20: PUENTE DE MONTOLIVET, VALENCIA	19
ABBILDUNG 21: KRONPRINZENBRÜCKE, BERLIN	19
ABBILDUNG 22: KRONPRINZENBRÜCKE - ANSICHT VON UNTEN	20
ABBILDUNG 23: ÖFFNUNGSVORGANG DES ERNSTING'S LAGERHAUSES, COESFELD-LETTE	21
ABBILDUNG 24: NAHAUFNAHME DES GEÖFFNETEN TORES	21
ABBILDUNG 25: DECKE DER KIRCHE „RELIGION AUF KNOPFDRUCK“	22
ABBILDUNG 26: SEITENANSICHT DER KIRCHE "RELIGION AUF KNOPFDRUCK"	22
ABBILDUNG 27: HAUPT – OLYMPIASTADION, ATHEN	23
ABBILDUNG 28: GESAMTANSICHT DER BODEGAS YSIOS , LAGUARDIA	24
ABBILDUNG 29: MITTLERER TEIL DER BODEGAS YSIOS	25
ABBILDUNG 30: FÜNF VERSCHIEDENE ÖFFNUNGSVARIANTEN DES KUWAIT PAVILLON, SEVILLA	26
ABBILDUNG 31: NAHAUFNAHME 1	27
ABBILDUNG 32: NAHAUFNAHME 2	27
ABBILDUNG 33: UNTERBAU DES UMBRACLE, VALENCIA	28
ABBILDUNG 34: INNENAUFNAHME DER STATION ORIENTE, LISSABON	29

ABBILDUNG 35: STATION ORIENTE, LISSABON	30
ABBILDUNG 36: 80 SOUTH STREET TOWER	31
ABBILDUNG 37: „80 SOUTH STREET HELIX TOWER“	31
ABBILDUNG 38: „HELIX TOWER“ AUS DER VOGELPERSPEKTIVE	32
ABBILDUNG 39: EINZELNE GEDREHTE WOHNHEIMUNGEN	32
ABBILDUNG 41: TURNING TORSO, MALMÖ	34
ABBILDUNG 42: EINZELNE BAUELEMENTE	34
ABBILDUNG 44: CHICAGO SPIRE, CHICAGO	37
ABBILDUNG 45: ENTRÉE DES „CHICAGO SPIRE“	38
ABBILDUNG 46: EINZELNES STOCKWERK DES "CHICAGO SPIRE"	38
ABBILDUNG 47: ERSICHTLICHKEIT DES ABSTANDES DER VERSTERBUNGEN ZUR GROßFLÄCHE	40
ABBILDUNG 48: INNENANSICHT MIT PFLANZEN DES L'UMBRACLE, VALENCIA	43
ABBILDUNG 49: SICHTBARKEIT DER PARABELN MIT ANHEBUNG NACH OBEN	43
ABBILDUNG 50: L'AGORA, ATHEN	45
ABBILDUNG 51: DIE ZWEI UNTERSCHIEDLICH HOHEN PARABELN	45
ABBILDUNG 52: GEZACKTE BAUWEISE DER AGORA, ATHEN	46
ABBILDUNG 53: AUFNAHME DES GESAMTEN DACHAREALS	47
ABBILDUNG 54: MARINA BAY SANDS MIT DERZEITIGER ÜBERDACHUNG	48
ABBILDUNG 55: MARINA BAY SANDS MIT CALATRAVA'SCHER BOGENHALLE	48

Alle Abbildungen stammen vom Verfasser selbst.

## 7.2 Quellen- und Literaturverzeichnis

Calatrava, Santiago: Besuch in seinem Büro in Zürich, September 2012

Jodidio, Philip: Calatrava. Complete Works 1979-2007. Köln: Taschen, 2007 (Biography).

Wermke, Matthias/Kunkel-Razum, Kathrin/Scholze-Stubenrecht Werner (Hg.) u.a.: Duden Fremdwörterbuch. Fremdwörterbuch. Duden 5. 8., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Mannheim: Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG, 2005.

o. V.: An interview with Santiago Calatrava (2009). online unter: <http://haiart.wordpress.com/2009/03/08/an-interview-with-santiago-calatrava/> (zugegriffen am 19. November 2014, 20.41 Uhr).

o. V.: Lexikon der Physik. Kármánsche Wirbelstrasse (Heidelberg, 1998). online unter: <http://www.spektrum.de/lexikon/physik/kármánsche-wirbelstrasse/7805> (zugegriffen am 19. November 2014, 21.09 Uhr).

o. V.: Pons – Online Wörterbuch. Online unter <http://de.pons.com/übersetzung?l=dees&q=umbroso> (zugegriffen am 5. Februar 2015, 23.15).

## 8 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die im Literatur- und Quellenverzeichnis angegebenen Hilfsmittel verwendet habe.

Des Weiteren versichere ich, dass ich alle wörtlichen und sinngemäßen Übernahmen aus anderen Werken als solche kenntlich gemacht habe.

DÖLSACH, 16.02.2015

Ort und Datum

Andrea Schorn

Unterschrift