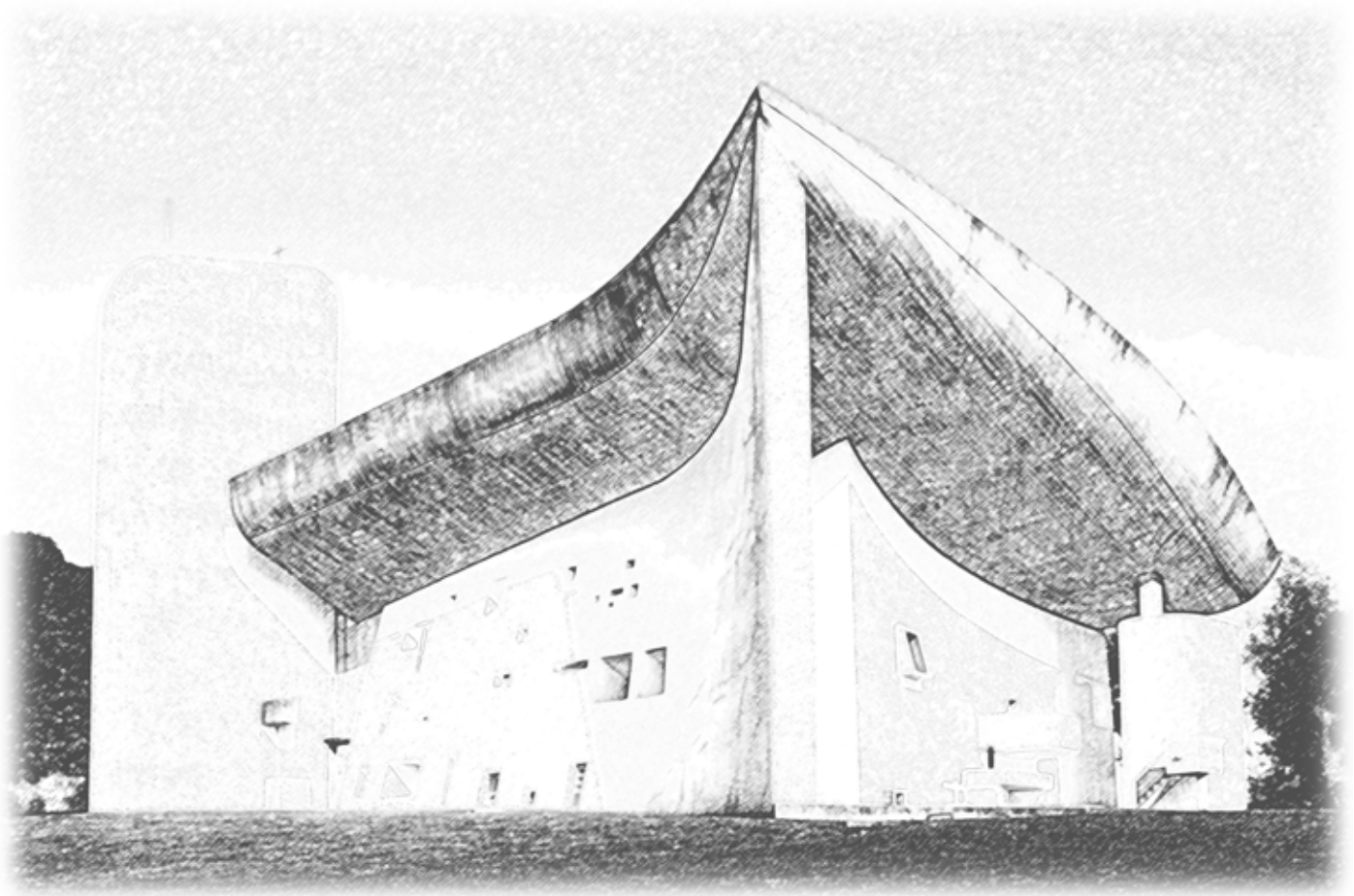


BAUKONSTRUKTIVE UND FERTIGUNGSTECHNISCHE UMSETZUNGSSTRATEGIEN FÜR 3D - GEOMETRIEN IN DER ARCHITEKTUR



**NOTRE - DAME - DU - HAUT DE RONCHAMP
1953 - 1955
LE CORBUSIER**

**HSZ-T ZÜRICH
STUDIENGANG ARCHITEKTUR
3. SEMESTER GESTALTEN
ÜBUNG 1**

**MARCO MICHAEL
DOMINIQUE CHARMÉY**



Vorwort und Zielsetzung

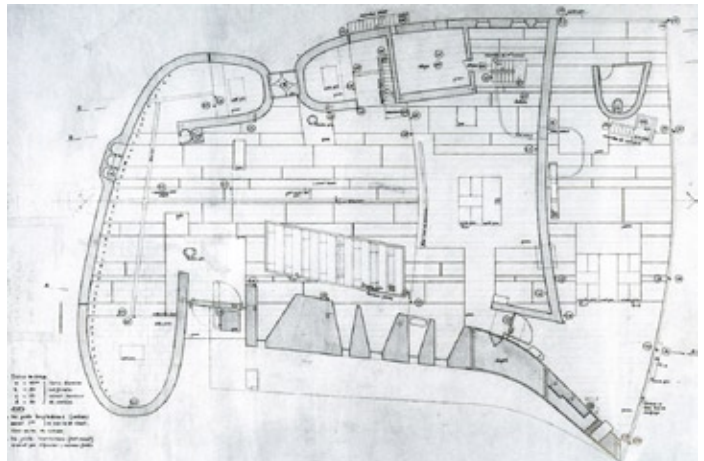
Auf einem Hügel oberhalb von Ronchamp in der Franche-Comté steht die wohl bekannteste Wallfahrtskirchen in Frankreich. Sie wurde in den Jahren 1950 bis 1954 nach dem Entwurf von Le Corbusier erbaut. Der Kirchenbau ist eine in die umgebende Landschaft eingebettete Skulptur.

Die Wallfahrtskirche Notre Dame du Haut ist ein Spätwerk Le Corbusiers. Im Gegensatz zu seinen früheren Bauten der Moderne, deren Charakteristika von strenger Geometrie und Rationalität geprägt sind, wird die Form dieser Kirche vollkommen durch die freie plastische Gestaltung der Elemente Boden, Wand und Decke bestimmt. Aus dem Zusammenhang der weichen Züge der Landschaft und der geschwungenen Formen der Elemente entsteht eine natürlich Harmonie. Ein unter dem muschelförmigen Dach zum Freiraum hin orientierter Altar vollendet die organischen Verbindung zwischen Gebäude und Umgebung.

Der schlichte Innenraum wird durch die auffallende Inszenierung des Lichtes dominiert. Zenitales Licht erhellt das Taufbecken, während der Kirchenraum durch frei verteilte trapezförmige Öffnungen in meterdicken Wänden hinter farbigem Glas belichtet wird. Aufgrund kleiner Schlitze zwischen Wänden und Dach, die sich durch das hindurchfallende Licht aus der Dunkelheit hervorheben, scheint das massiv wirkende Dachelement geradezu über den Wänden zu schweben. [1]

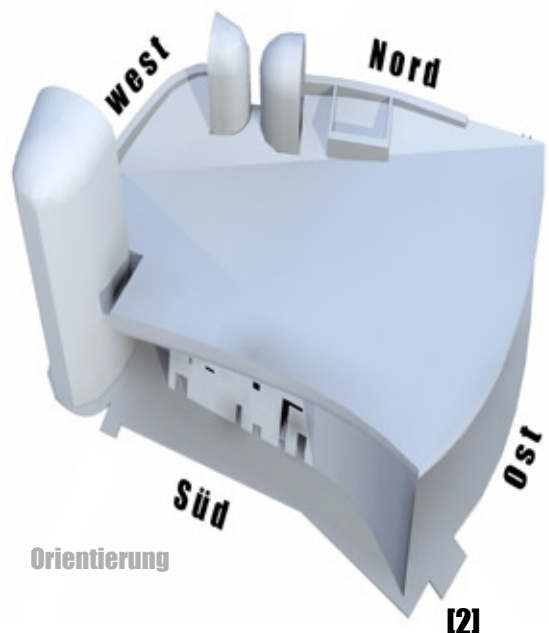


Ansichtsfotografie der Süd- und Ostfassade



Grundriss Prinzipschema

Zweck dieser Analyse ist es herauszufinden, wie bereits im Jahre 1950 solche organischen Formen geplant und anschliessend auf der Baustelle ausgeführt wurden. Obwohl das ganze Objekt überwiegend aus zusammenhängenden geschwungenen Kurven und Linien besteht und kaum gerade Wände aufweist, befassen wir uns vorwiegend mit dem massiven und prägenden Dach der Notre Dame du Haut. Wir wollen des Weiteren untersuchen, nach welchen Kriterien der Formfindungsprozess beeinflusst wurde, damit wir die Kapelle heute so antreffen, wie sie ist. Was heute mit Hilfe von aufwendigen Computersimulationen auf den Millimeter genau berechnet werden kann wurde früher eher nach dem Prinzip "Handgelenk mal Pi" ausgeführt.



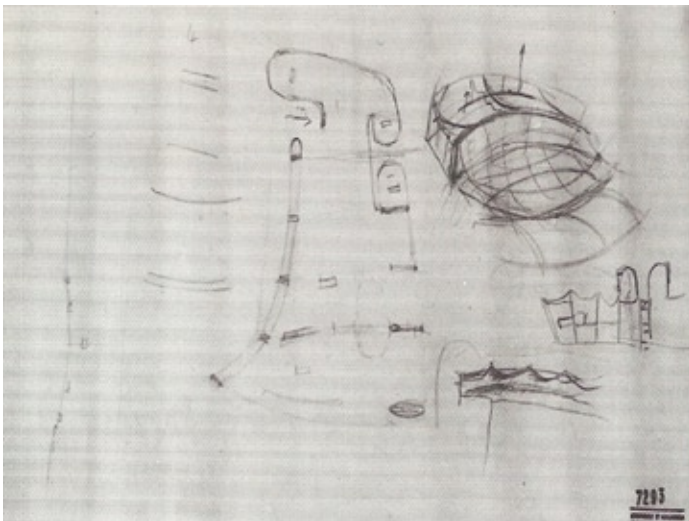
Orientierung

[2]

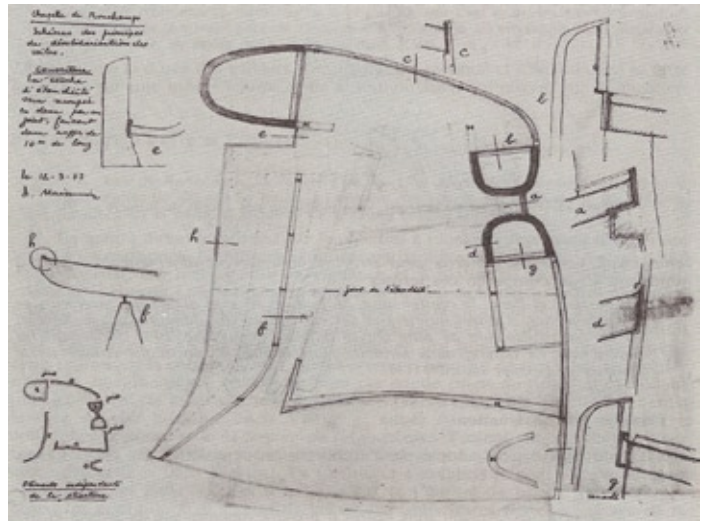


Der Entwurf

Das Projekt bekam erst seine endgültige Form, nachdem der Vorentwurf der Kommission für sakrale Kunst präsentiert wurde. Analysiert man die beiden Studien (vor und nach der Präsentation der Kommission) und vergleicht die Zeichnungen und Skizzen, so stellt man fest, dass diese Veränderungen keinen Einfluss auf des Gesamtkonzept des Gebäudes hatten. Sie betreffen im Wesentlichen einige wenige, in sich isolierte Elemente.

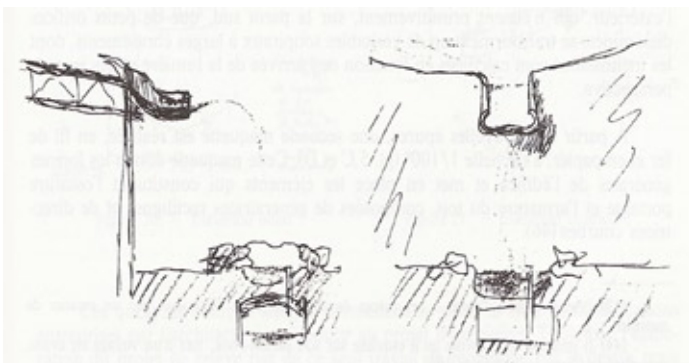


Skizze
Formfindung

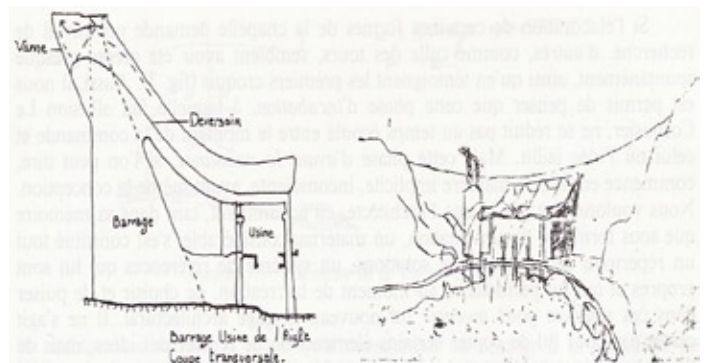


Grundriss
Prinzipschema

Eines dieser Elemente ist der Wasserspeier durch den das Wasser des Daches abfließt. Le Corbusier studierte sehr genau dessen Form. Für diesen Zweck behalf er sich eines besonderen Profils vom Skispringen, respektive der Staumauer von Aigle und erhielt nach mehreren Zeichnungen schliesslich die endgültige Form des Wasserspeiers.



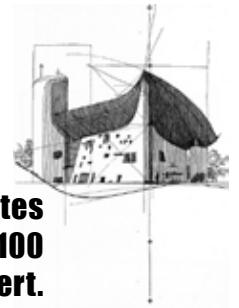
Skizzen
Wasserspeierdetail



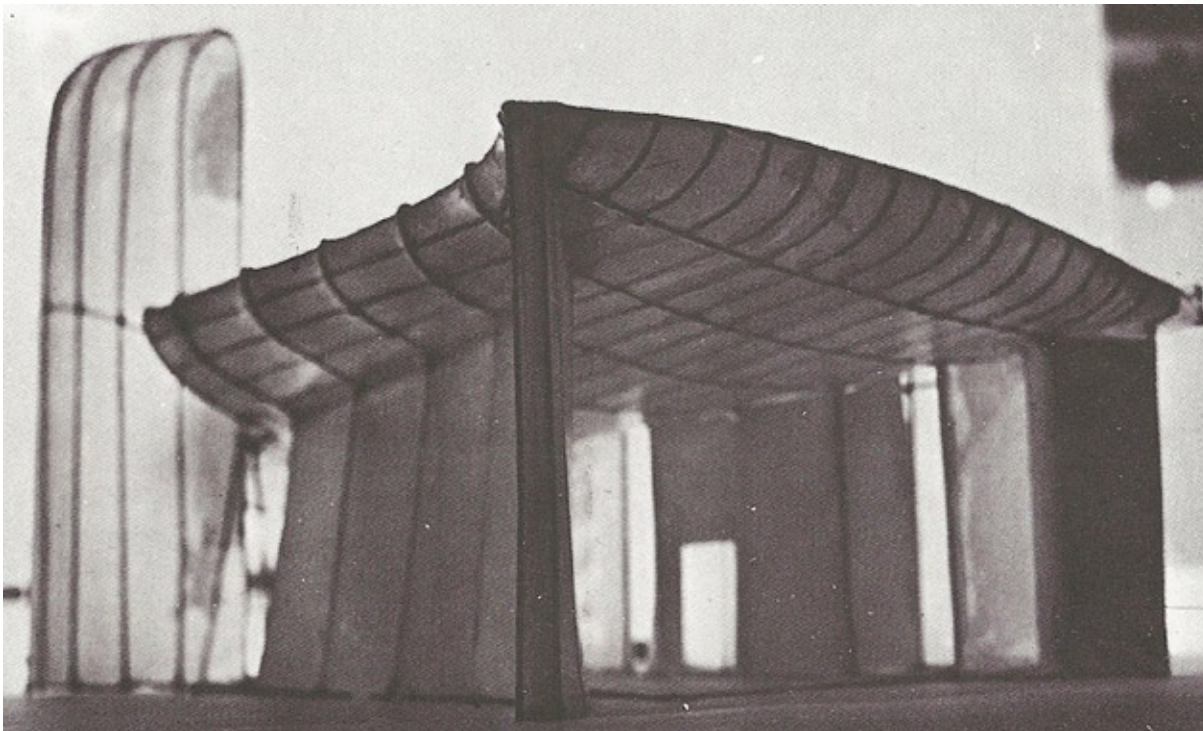
Skizzen
der Staumauer



Der definitive Wasserspeier wurde in Beton vofabriziert und in die Dachkante integriert. Das Wasser fließt in eine Art Betonzisterne, in welcher geometrische Betonvolumen stehen

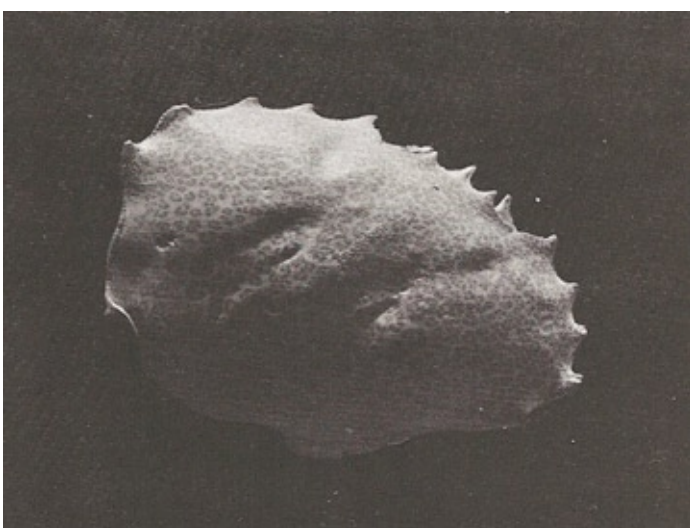


Basierend auf den Änderungen und der leichten Konzeptüberarbeitung, wurde ein zweites Modell gebaut. Dieses bestand aus Draht, Eisen und Papier und wurde im Masstab 1:100 erstellt. Die Tragstruktur des Dachs wurde schon in der Entwurfsphase gut studiert.



Papier und
Drahtmodell
im Masstab
1:100

Die Originalidee des Architekten war, dass die Kapelle mit etwas überdeckt wird, das ihm vertraut ist. Die Krabbenschale war wesentlicher Bestandteil seines Entwurfes. In der Tat ist der Rumpf einer Reihe organischen Objekten wie Wurzeln, Knochen und Steinen zuzuschreiben. LC nennt diese Sammlerobjekte wertvolle Quellen der Inspiration, nicht nur in seiner Arbeit als Architekt, sondern auch als Maler und Designer. Er schreibt: Diese Fragmente der natürlichen Elemente, Steine, Fossilien, Holzstücke und andere Dinge, die von den Elementen gemartert wurden und am Rande vom Wasser, See und Meer gesammelt wurden. Sie sind Ausdruck von physikalischen Gesetzen, Verschleiss, Erosion, Abplatzungen usw. Sie haben nicht nur ästhetische Qualitäten, sondern auch eine ausserordentliches poetisches Potential. [3]



Die Krabbenschale
als Idee für die Dachform



Poetische Formen
die Le Corbusier faszinierten



Die Konstruktion

Le Corbusier fällt den grundsätzlichen Entscheid über den Bauplan schon bei den ersten Kontakten mit dem Gelände. In seinen Notizen zu Ronchamp schrieb er: "Juni 1950 ... Ich nehme mir drei Stunden Zeit, um das Gelände und die Horizonte kennenzulernen ... Da steht die von Artilleriegeschossen durchlöchernte alte Kapelle ... Ich stelle Fragen zu den lokalen Bedingungen, und ich sehe, dass es keine Strasse (keine Zufahrt), keine Transporte gibt, und folglich werde ich Zement und Sand in Säcken und vielleicht Bruchsteine der Kapelle mit dem zerschossenen Dach gebrauchen; vermutlich lassen sich die verwitterten und zertrümmerten Bruchsteine höchstens als Füllmaterial, aber nicht als Träger verwenden.



Sicht vom Dorf
Ronchamp zum Hügel

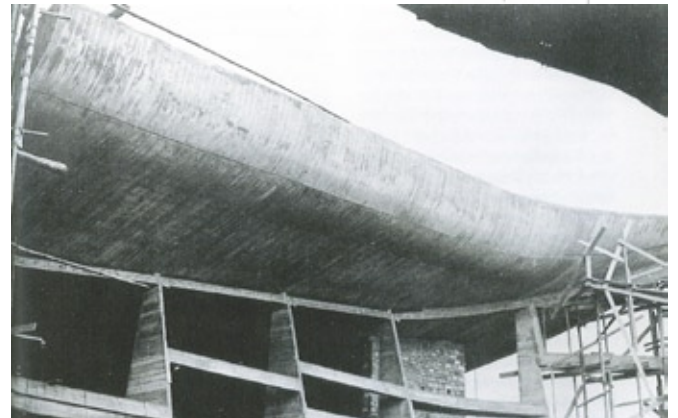


Ronchamp
im Bauzustand

Während er also beschloss, sämtliche Arbeiten mit einer einzigen Mannschaft auszuführen, entschied er gleichzeitig über die Materialwahl, wie sie ihm die lokalen Bedingungen vorgaben: Sand und Zement, das heisst Beton. Die Ausführung erfolgte ausgehend von einem Bauskelett aus Stahlpfosten, denen die Dachschale aufgesetzt wurde. Die Auffüllung der West-, Ost- und Nordmauer besteht aus Bruchstein der zerstörten Kapelle. Der Bau ruht auf ein Meter dicken Fundamenten, entweder in Form von Sohlen für die Trägerpfosten oder von Entwässerungsgräben für die mit Bruchstein gefüllten Mauern. Das Skelett der Südmauer setzt sich aus Pfeilern, Verbindungsbalken und Querversteifungen sowie vorgefertigten Metallträgern in regelmässigen Grössen zusammen. Die Metallträger dienen als Befestigung für die innere und äussere Mauerhülle, die aus Spritzzement nach dem folgenden Prinzip gefertigt sind: Man spannte auf die Metallträger, die die Hauptelemente des Bauskeletts verbinden ein Lattengeflecht aus Steckmetall (eine Art Gitter) und bespritzte es mittels einer Zementkanone mit Mörtel; dieses Lattengeflecht aus Metall diente dabei gleichzeitig als verlorene Schalung und als Armierung. Die Südmauer besteht alleine aus diesem Stahlbetonskelett, über das innen und aussen je ein Membran gespannt ist: zwei dünne Betonwände mit einem Durchmesser von vier Zentimetern, die als zwei nicht parallele Flächen im Raum stehen. Man kann sich diese Konstruktion wie ein Knochengerüst vorstellen, das innen und aussen mit einer Haut überzogen ist. Sie weist an der Basis im Westen eine Breite von 3.70 Metern auf und verjüngt sich gegen Osten auf 1.40 Meter. Ganz oben ist sie nur noch 50 Zentimeter dick. Das auf diesem Betonskelett beruhende Konstruktionsprinzip liess Le Corbusier völlig freie Hand, was deren Gestalt, Krümmung, Neigung und Durchmesser angeht. Diese Mauer trägt nicht mehr, sie ist Hülle. Bruchsteine wie sie für die Mauern im Westen, Osten und Norden verwendet wurden, kamen auch bei der Konstruktion der Türme in Einsatz, und zwar vom Fundament bis hinauf zu den Kalotten, die ihrerseits in Beton ausgeführt sind.



Stahlbetonskelett
der Südfassade



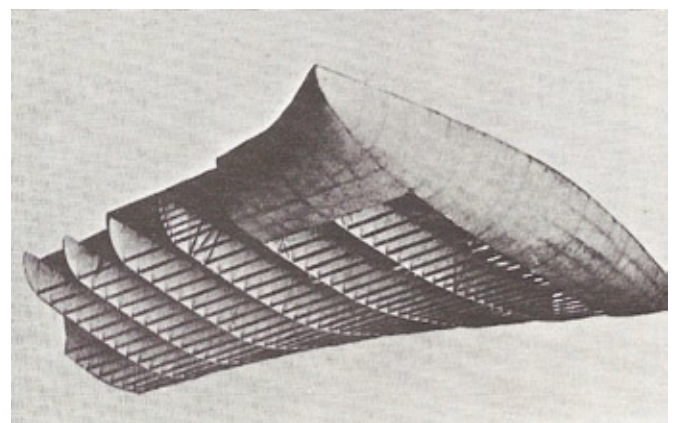
Auskragender Deckenteil
der Südfassade

**Die drei Türme, die die Seitenkapelle beherbergen, sind von den Mauern unabhängig. Ihre Bau-
masse übt einen stärkeren Druck auf den Boden aus als jene der Mauern. Sie sind deshalb durch
Trennfugen von den Mauern losgelöst, um ein Absenken zu verhindern, das Risse im Mauerwerk
zur Folge haben könnte. Turmmasse und Mauermaße sind also durch einen Hohlraum im Mau-
erwerk getrennt und dieser zieht sich vom Fundament bis zum Höchsten Punkt (Dilatationsfuge).**

**Der auffallendste, originellste und auch verblüffendste Teil der ganzen Konstruktion ist aber zwei-
fellos die Abdeckung, die das Dach der Kapelle bildet. Sie besteht aus zwei parallelen Membranen,
die dem Prinzip eines Flugzeugflügels nachempfunden und voneinander durch einen 2.26 Meter
breiten – und damit dem Modulor entsprechenden – Hohlraum getrennt sind. Die beiden Hüllen aus
Stahlbeton weisen je eine Dicke von sechs Zentimetern auf. Die Armatur dieser Schale entspricht
der eines Flugzeugflügels und besteht aus sieben flachen Trägern, die untereinander durch Rip-
pen verbunden sind. Die Verbindung der unteren Dachschicht mit den Trägerelementen erfolgt
über ein Kugelscharnier, ein Metallelement, das als Gelenk zwischen dem Metallskelett des Pfei-
lers und jenem der Dachbinders dient. Das Dach ruht auf den tragenden Elementen auf Höhe der
einzelnen Träger, wobei die Auflagepunkte auf die Innenwand der Süd-, Ost- und Nordmauer verteilt
sind. Im Westen stützt sich das Dach auf die obere Abgleichung, und im Osten ruht das Vordach
auf dem äussersten Punkt der vorspringenden Südmauer sowie auf dem Pfeiler im Aussenchor. [4]**



Bau der Türme
aus Bruchsteinen

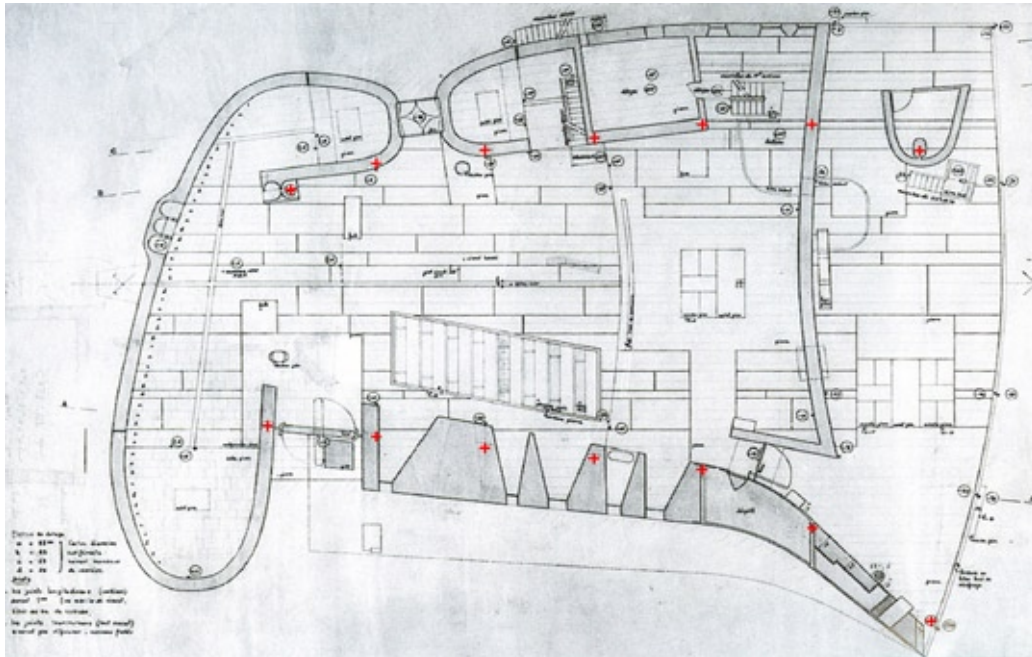


Konstruktionsprinzip
des Flugzeugflügels



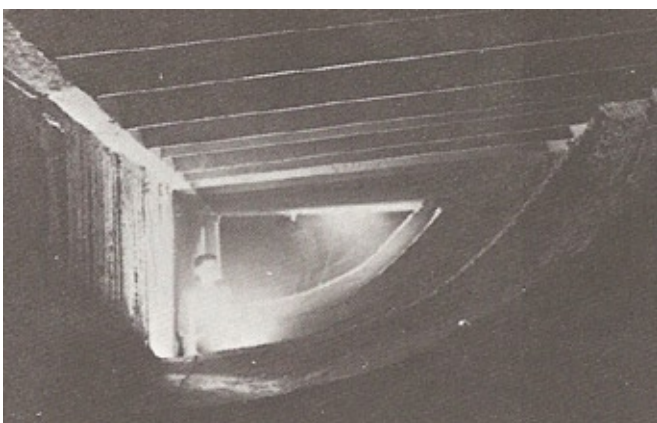
Die Tragstruktur

Das zweischalige Dach wird von vierzehn (je Seite sieben) Stahlstützen getragen, welche fast überall im Mauerwerk versteckt wurden. Die einzige Stütze welche zum teil sichtbar ist steht in der Nordostecke des Bauwerks. Alle andern kann man nur zuoberst im Schlitz, zwischen Wand und Mauer erkennen welche für den Lichteinlass gemacht wurde. Das Mauerwerk zwischen den Stützen trägt sich selbst.

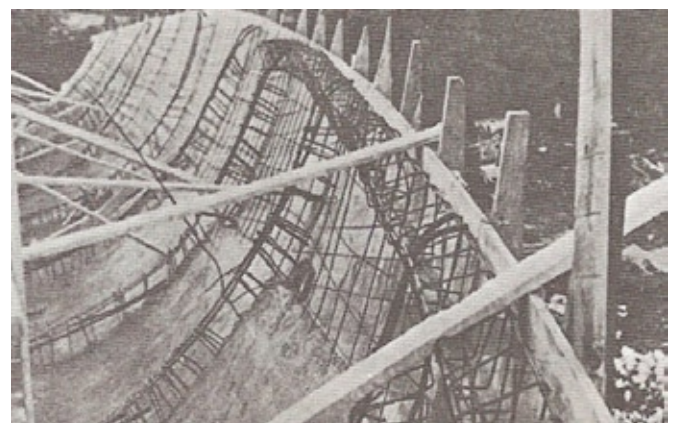


Auflager Punkte
der Dachkonst.
auf Stahlstützen

Das Dach wurde so konstruiert, dass eine abgerundete Bretterschälung, wie man sie heute auch noch machen würde, gestellt wurde. Darauf wurde eine sechs Zentimeter starke, bewehrte Betonplatte betoniert welche Anschlussseisen in die Unterzugkonstruktion stehen liess. Darauf wurden die 2.26 Meter hohe Betonträger, welche auf den Stahlstützen lagern betoniert. Diese bewirkten zu den ästhetische Gründen, welche die Massigkeit des Dachs darstellt, gute statische Gegebenheiten. Le Corbusier konnte so die statische Höhe auf die erforderliche Grösse bringen. In der Querrichtung musste er aus dem selben Grund, Aussteifungsrippen auf der unteren Deckenplatte anbringen damit sich die dünne Platte von einem Träger zum anderen selber trägt. Für die obere Dachhaut konnte jetzt eine Schalung mit einer Rippendecke auf die untere Deckenplatte gestellt werden. Im letzten Arbeitsschritt wurden somit die beiden Decken zu einem monolithischen Gebilde zusammen geschlossen.



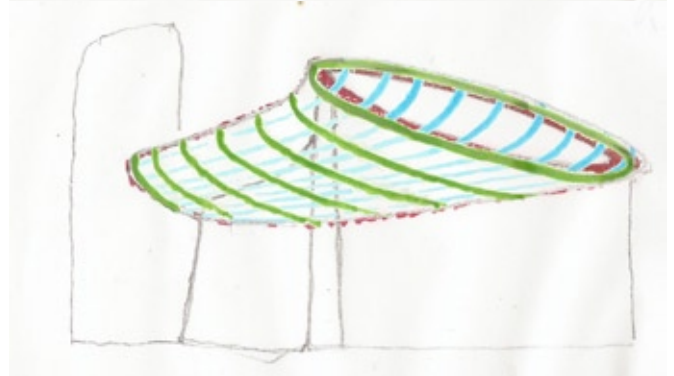
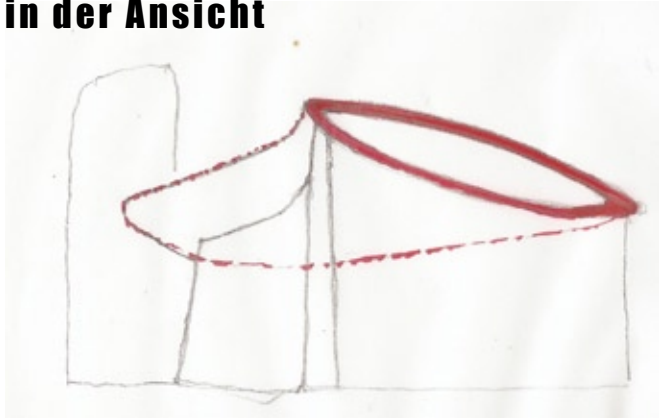
Innenraum der
Dachkonstruktion



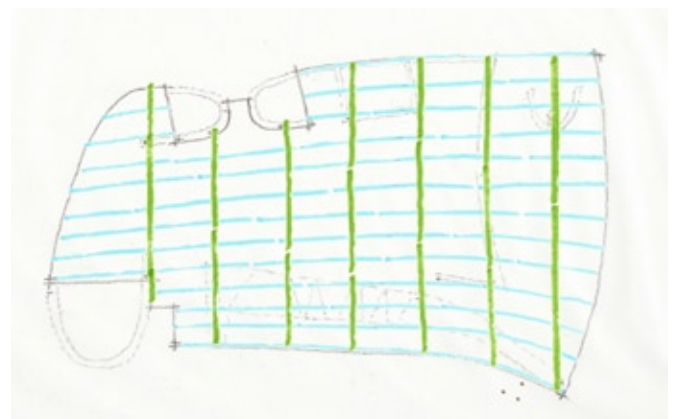
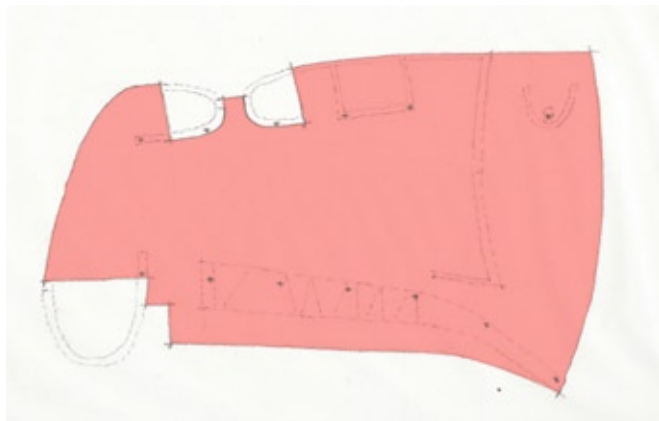
Bewehrung der unteren Dachhaut
mit Aussteifungsrippen



Die einzelnen Konstruktionsebenen in der Ansicht



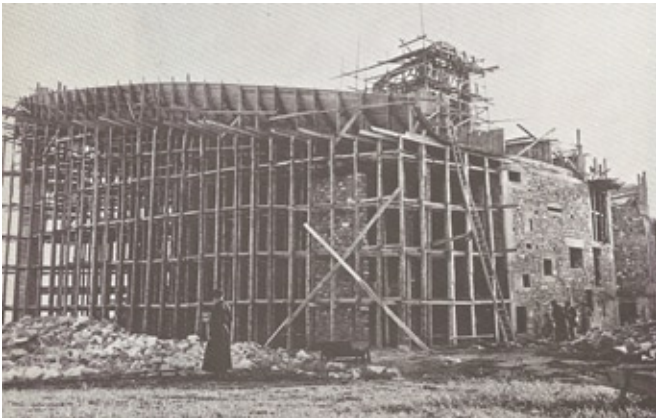
Die einzelnen Konstruktionsebenen in der Draufsicht



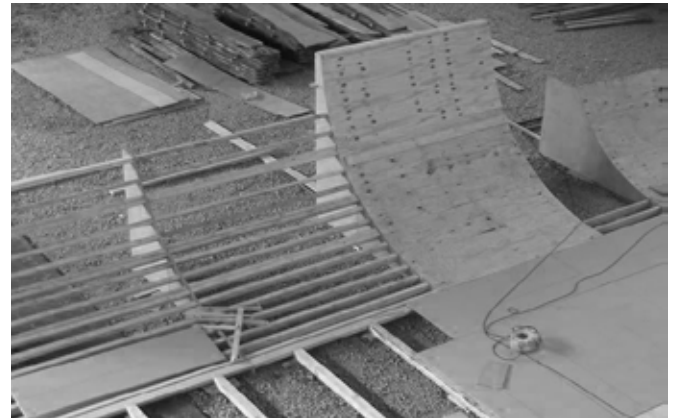


Die Schalung

Das Prinzip für die Konstruktion der runden Schalung ist einfach. Als erstes stellt man rund ausgeschnittene Bretter vertikal in einem gewissen Abstand. Dieser Abstand muss so gewählt werden dass die Bretter, welche quer dazu darauf genagelt werden, das Gewicht des frischen Betons tragen können. Wenn man genau hinschaut ist es eigentlich ein Polygonzug und kein Radius. Auf einer Distanz von mehreren Metern ist dies jedoch nichtmehr zu erkennen. Den verlauf der Bretter ist in Ronchamp sehr gut zu sehen da Le Corbusier das Dach in Sichtbeton belies. Mich erinnert diese Art runde Schalungen zu erstellen sehr an den bau einer "skateboard – miniramp". Beim Bau einer solchen Rampe wird genau gleich vorgegangen, ausser dass man an stelle von Beton eine biegsame Abdeckplatte als oberste Schicht drauf schraubt.



Schalung der Abgerundeten
Deckenkonstruktion



Eine "skateboard miniramp"
in der Bauphase

Erkenntnisse

Le Corbusier hat mit dem Bau der Notre-Dame-du-Haute de Ronchamp ein Denkmal der besonderen Art erstellt. Er hat vor etwa sechzig Jahren den Beweis erbracht dass es möglich ist komplexe dreidimensionale, geschwungene Formen zu erstellen ohne Hilfe von Computerprogrammen. In Hinsicht auf die Genauigkeit werden die Bautoleranzen etwas nachgiebiger gewesen sein, als was sie heute sind. Zudem war Flexibilität und Improvisation sicherlich eine wichtige Eigenschaft die jeder Mitwirkende mit sich bringen musste. Ein grosser Unterschied zur heutigen Planung ist dass der Architekt selbst weniger Zeit auf der Baustelle verbringen kann um die Arbeiten seiner Leute zu kontrollieren und falls nötig Anweisungen zu geben. Die Pläne die heutzutage auf die Baustelle gehen sind präziser und lassen aber gleichzeitig auch weniger Spielraum für allfällige Änderungen vor Ort. Der Architekt muss sich aus Zeitmangel auf die Arbeiten der Baumeister verlassen können.



Sketchup Modell
gerender mit Artlantis
Nordostfassade



Quellenverzeichnis

[1] <http://www.youguide.de/article/Notre%20Dame%20du%20Haut>

[2] Modell aus Sketch-Up Library - mit Artlantis gerendrt

[3] Ronchamp – lecture d'une architecture - Danièle Pauly - ISBN, 2-86820-212-3

[4] Le Corbusier: Die Kapelle von Ronchamp - Danièle Pauly - ISBN, 3-7643-5760-6

Bilder und weitere Informationen aus:

- Ronchamp & Vence - Les Éditions du cerf

- The Chapel at Ronchamp - Ezra Stoller - ISBN, 1-56898-184-8

- Le Corbusier a Ronchamp - René Bolle-Reddat / Marc Paygnard - L'est Républicain

- Google Bilder