

DIPLOMARBEIT

**Computergestützte Rekonstruktion der Synagoge
in Wien Währing**

ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen
Grades eines Diplomingenieurs am Institut für

Architektur und Entwerfen E253
der Technischen Universität Wien

unter der Leitung von
ao.Univ.-Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn. Bob Martens

durch
Christoph Oberhofer

Matr. Nr. 0025923
Jurekgasse 13, Top 11
1150 Wien – Österreich

FÜR MEINE FAMILIE

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen Personen bedanken, die mich während des Studiums und während des Verfassens meiner abschließenden Diplomarbeit unterstützt und begleitet haben – bei meinen Eltern und Geschwistern, meinen Freunden und Studienkollegen.

Herrn *Prof. Dr. Bob Martens* danke ich, am interessanten Forschungsprojekt „*Virtuelle Rekonstruktionen Wiener Synagogen*“ beteiligt gewesen zu sein und damit zu einer Rückbesinnung zerstörter, jüdischer Sakralbauten beigetragen zu haben. Des weiteren danke ich ihm für eine sehr engagierte Diplomandenbetreuung und für die Unterstützung durch die Technische Universität Delft in den Niederlanden.

Außerdem möchte ich mich bei Herrn *Dr. Ir. Martijn Stellingwerff* für die freundliche Unterstützung beim Fertigen des „*Rapid Prototyping- und Laserschnittmodells*“ in Delft bedanken. Die Technische Universität in Delft, insbesondere das *Institut für Form und Medien (CAM Lab)*, erklärte sich bereit, das umfassende Datenmodell der Synagoge numerisch zu fertigen.

Herr *Dr. Rainald Franz* vom Museum für Angewandte Kunst unterstützte mich bei der schwierigen Suche von Innenraummalereien und Vergleichsobjekten – vielen Dank an dieser Stelle.

Auch möchte ich mich bei jenen Personen bedanken, die mich bei Recherche- und Analysearbeiten unterstützt haben: Herr Prof. *Dr. Robert Stalla*, Frau *Dr. Caroline Jäger* und Herr Prof. *Dr. Erich Lehner* der Technischen Universität Wien, sowie Frau *Dr. Monika Knofler* von der Akademie der Bildenden Künste.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	13
2	Modellieren der Geometrie.....	16
2.1	Aufbereiten des überlieferten Planmaterials	16
2.1.1	Planmaterial und Darstellungen.....	17
2.1.2	Vektorisieren der Planüberlieferungen	18
2.2	Modellieren in 3D.....	21
2.2.1	Layerstruktur.....	21
2.2.2	Haupttragstruktur	23
2.2.3	Fundamente und Bodenplatte	25
2.2.4	Wandöffnungen	26
2.2.5	Wandbögen	27
2.2.6	Säulen	27
2.2.7	Deckenöffnungen	27
2.2.8	Treppen	28
2.2.9	Dachkonstruktion.....	31
2.2.10	Fenster	33
2.2.11	Türen.....	37
2.2.12	Holzbalkendecke.....	41
2.2.13	Säulen	43
2.2.14	Eingangsbereich	47
2.2.15	Brüstung auf Höhe der Frauenempore.....	48
2.2.16	Brüstung auf Höhe des Sängerchors	49
2.2.17	Geländer und Abdeckung Bereich Almemor	50
2.2.18	Innenhaut	51
2.2.19	Außenhaut.....	52
2.2.20	Sockel	52
2.2.21	Große Fenster	53
2.2.22	Fassadenelemente.....	53
2.2.23	Dachelemente	55
2.2.24	Sitzbänke	56
2.2.25	Beleuchtung	58
2.2.26	Almemor und Tisch	61
2.2.27	Dekor um Rundfenster innen	62
2.2.28	Gesimse innen	62
2.2.29	Wand- und Deckenmalereien.....	63
2.2.30	Wand- und Deckendekor	63
2.2.31	Toraschrein	64
2.2.32	Zaun.....	65
2.2.33	Umgebung.....	66

3	Texturieren und Rendern der Gesamtszene.....	67
3.1	FormZ v5: Export der Geometrien.....	68
3.2	Cinema 4D v9: Import der Geometrien.....	68
3.2.1	Beleuchtung und Kameraposition.....	70
3.2.2	Materialien und Texturen.....	71
4	Erstellen eines Kurzfilms mit animierten Objekten.....	80
4.1	Vorbereitung	80
4.2	Animieren der Szene	81
4.3	Nachbearbeitung	83
5	Maschinelle Fertigung: RP und LC.....	87
5.1	Layerstruktur für einen einfarbigen 3D Druck.....	88
5.2	Layerstruktur für einen mehrfarbigen 3D Druck	95
5.3	Kombinierte Fertigung: Laserschnitt und 3D Druck.....	98
5.3.1	Layerstruktur einer kombinierten Fertigung	99
5.3.2	Ratschläge für die Datenaufbereitung	100
5.3.3	Fertigung: Laserschnitt und 3D Druck	102
5.4	Ergebnis: Laserschnitt und 3D Druck.....	106
6	Datenaustausch: Von FormZ nach ArchiCAD	110
6.1	Wände, Stützen und Decken.....	111
6.2	Fenster und Türen	113
6.3	Treppen	114
6.4	Dach- und Dachkonstruktion	115
6.5	Einrichtungsgegenstände	115
7	Ausblick.....	116
8	Referenzen	119
	Anhang	120

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-4 – Übersicht Lageplan.....	15
Abb. 1-5 – Lageplan Schopenhauerstraße ⁷	15
Abb. 1-6 – Schopenhauerstr. 39 – Heute	15
Abb. 1-7 – Schopenhauerstr. 39 – Rekonstr.	15
Abb. 2-1 – Außendarstellung der Synagoge – <i>Gouraud Shading</i>	16
Abb. 2-10 – Screenshot Vektorisieren des Planmaterials – 2D Linien ...	19
Abb. 2-11 – Vektorisierter Horizontalschnitt – Ebene Erdgeschoß	19
Abb. 2-12 – Vektorisierter Horizontalschnitt – Ebene Frauenempore	20
Abb. 2-13 – Vektorisierter Horizontalschnitt – Ebene Hochfenster	20
Abb. 2-17 – Layer	23
Abb. 2-18 – Geschoßmanagement	24
Abb. 2-19 – Tragstruktur Außen.....	24
Abb. 2-20 – Deckensolids	24
Abb. 2-21 – Tragstruktur Wand.....	24
Abb. 2-24 – Fundamente	25
Abb. 2-25 – Bodenplatte	25
Abb. 2-27 – Wandöffnungen 1	26
Abb. 2-28 – Wandöffnungen 2	26
Abb. 2-29 – Wandbögen	27
Abb. 2-31 – Säulen	27
Abb. 2-33 – Deckenöffnungen	28
Abb. 2-35 – Übersicht Treppen	28
Abb. 2-37 – Treppen Vordertrakt	29
Abb. 2-38 – Stair From Path	29
Abb. 2-39 – Nahaufnahme Fluchttreppe	30
Abb. 2-40 – Treppe Seite	31
Abb. 2-41 – Treppe Eingang	31
Abb. 2-44 – Übersicht Dachkonstruktion.....	31
Abb. 2-45 – Dach Vordertrakt	32
Abb. 2-46 - Dach Mittelschiff	32
Abb. 2-48 – Blechdeckung	33
Abb. 2-49 – Pfettenauflager	33
Abb. 2-51 – Übersicht Fenster	33
Abb. 2-53 – Sweep	34
Abb. 2-54 – Revolve	34
Abb. 2-55 – Rundfenster	34
Abb. 2-57 – Rundbogenfenster	35
Abb. 2-58 – Segmentbogenfenster	35
Abb. 2-60 – Rahmen Rundfenster	36
Abb. 2-62 – Rahmen Rundbogenfenster	36
Abb. 2-63 – Rahmen Segmentbogenfenster.....	36

Abb. 2-65 – Übersicht Türen	37
Abb. 2-67 – Rundbogen	38
Abb. 2-68 – Rundbögen Eingang	38
Abb. 2-69 – Segmentbogentür	38
Abb. 2-70 – Symbol Rundbogentür	38
Abb. 2-71 – Symbol Segmentbogentür	38
Abb. 2-72 – Rahmen Rundbogen	39
Abb. 2-73 – Rahmen Segmentbogen	39
Abb. 2-75 – Offene Rechteckstür	40
Abb. 2-76 – Tür zu Almemor Vorhang	40
Abb. 2-77 – Türgriff	40
Abb. 2-79 – Übersicht Holzbalkendecke	41
Abb. 2-80 – Auflager Eisenprofil	42
Abb. 2-82 – Übersicht Bodenleiste	42
Abb. 2-83 – Detail Bodenleiste	42
Abb. 2-86 – Deckengesimse	43
Abb. 2-87 – Sweep Edit	43
Abb. 2-88 – Übersicht detaillierte Säulen	44
Abb. 2-90 – Säule Erdgeschoß	45
Abb. 2-91 – Säule EG Detail	45
Abb. 2-93 – Säule Obergeschoß	46
Abb. 2-94 – Säule OG Detail	46
Abb. 2-97 – Säule Brüstung	46
Abb. 2-99 – Kapitell an Wand	47
Abb. 2-100 – Eingangsportal	47
Abb. 2-101 – Eingangsportal 2	47
Abb. 2-103 – Kapitell	48
Abb. 2-104 – Sockel	48
Abb. 2-107 – Brüstung Frauenempore	48
Abb. 2-108 – Abdeckung Brüstung	48
Abb. 2-110 – Brüstung Sängerchor	49
Abb. 2-111 – Unterstützung Balkon	49
Abb. 2-112 – Geländer und Abdeckung im Bereich des Almemors	50
Abb. 2-115 – Innenhaut	51
Abb. 2-118 – Außenhaut	52
Abb. 2-121 – Sockel	52
Abb. 2-123 – Frontfenster Groß	53
Abb. 2-124 – Fensterobjekt	53
Abb. 2-128 – Gesimse Fassade	54
Abb. 2-129 – Fassadenelemente	54
Abb. 2-130 – Dekor Fassade	55
Abb. 2-131 – Dekor Fenster	55
Abb. 2-132 – Fassadenelement	55

Abb. 2-133 – Dekor Fenster Groß.....	55
Abb. 2-135 – Dachelemente	56
Abb. 2-136 – Übersicht Sitzbänke.....	56
Abb. 2-138 – Sitzbänke Frauenempore	57
Abb. 2-140 – Sitzbänke Erdgeschoß	57
Abb. 2-141 – Sitzbank Rabbiner/Kantor.....	58
Abb. 2-142 – Kronleuchter	59
Abb. 2-146 – Pendants	59
Abb. 2-148 – Wandarm.....	60
Abb. 2-150 – Menora	61
Abb. 2-152 – Almemor und Tisch.....	61
Abb. 2-155 – Dekor um Rundfenster	62
Abb. 2-157 – Gesimse Innen	63
Abb. 2-158 – Deckenmalereien.....	63
Abb. 2-159 – Dekor Übersicht.....	64
Abb. 2-160 – Dekor Detail.....	64
Abb. 2-161 – Toraschrein.....	64
Abb. 2-164 – Zaun	65
Abb. 2-166 – Nachbargebäude	66
Abb. 3-1 – Photorealistische Außendarstellung (ohne Vorderhaus)	67
Abb. 3-4 – Objektmanager <i>Cinema 4D v9</i>	69
Abb. 3-9 – Objektmanager – Materialmanager	71
Abb. 3-12 – Deckenmalereien.....	73
Abb. 3-15 – Wandelement	73
Abb. 3-16 – Wandelement	73
Abb. 3-17 – Wandelement	73
Abb. 3-18 – Wand Arkaden.....	74
Abb. 3-19 – Decke Mitte.....	74
Abb. 3-20 – Decke Seite	74
Abb. 3-22 – Innenraumdarstellung mit Wand- und Deckenmalereien....	74
Abb. 3-23 – Innenraum ohne Maler.	75
Abb. 3-24 – Innenraum mit Maler.....	75
Abb. 3-25 – Innenraum Rendering.....	75
Abb. 3-26 – Innenraum Original	75
Abb. 3-27 – Innenraum – Blick nach Toraschrein – ohne Malereien.....	76
Abb. 3-28 – Innenraum – Blick nach Toraschrein – mit Malereien.....	76
Abb. 3-29 – Blick nach unten – ohne Malereien.....	77
Abb. 3-30 – Blick nach unten – mit Malereien.....	77
Abb. 3-31 – Blick nach unten – o. M.	78
Abb. 3-32 – Blick nach unten – m. M.	78
Abb. 3-33 – Außendarstellung – von Vorderhaus nach Frontfassade....	78
Abb. 3-34 – räumlicher Längsschnitt – ohne Malereien	79
Abb. 3-35 – räumlicher Querschnitt – ohne Malereien.....	79

Abb. 4-1 – Animierte Kamerapositionen	82
Abb. 4-2 – Animiertes Kameraziel.....	82
Abb. 4-3 – Zeitleiste mit animierten Objekten	83
Abb. 4-4 – Adobe Premiere Pro – Spuren.....	84
Abb. 4-5 – Ausschnitt des Filmes (Öffnen des Portals).....	85
Abb. 4-9 – Darstellung eines Musikstücks in <i>Wavelab</i>	86
Abb. 5-1 – Layer	91
Abb. 5-2 – Farbiges Computerschnittmodell (M 1:20).....	92
Abb. 5-3 – Farbiges Computerschnittmodell (M 1:20).....	93
Abb. 5-4 – Zerlegtes Computermodell 1	93
Abb. 5-5 – Zerlegtes Computermodell 2	94
Abb. 5-6 – 3D Druck mit Texturen – Strukturierung	96
Abb. 5-7 – Texturierte Brüstung; Darstellung im <i>Cosmoplayer</i>	97
Abb. 5-8 – LS Versalaser 30 Watt.....	98
Abb. 5-9 – LS Versalaser 60 Watt.....	98
Abb. 5-10 – Strukturierung – Kombination Laserschnitt und 3D Druck ..	99
Abb. 5-12 – LS Toraschrein	102
Abb. 5-13 – LS Schrein und Frontfassade	102
Abb. 5-14 – Materialeinstellungen Versalaser 30W	103
Abb. 5-15 – LS Gravuren (simuliert)	103
Abb. 5-16 – LS Schnitte (simuliert)	103
Abb. 5-17 – LS Lasergravuren	103
Abb. 5-18 – LS Laserschnitt.....	103
Abb. 5-19 – LS – Fertiger Laserschnitt	103
Abb. 5-20 – Simulation in <i>ZPrint</i>	104
Abb. 5-21 – RP Absaugen	105
Abb. 5-22 – RP – Freilegen 1.....	105
Abb. 5-23 – RP – Freilegen 2.....	105
Abb. 5-24 – RP – Pulver entfernen	105
Abb. 5-25 – RP – Einzelelemente	105
Abb. 5-26 – Spraysen mit Autolack.....	105
Abb. 5-27 – Fenster Soll-Abmessungen	106
Abb. 5-28 – Fenster Ist-Abmessungen	106
Abb. 5-29 – Zusammenfügen 1.....	107
Abb. 5-30 – Zusammenfügen 2.....	107
Abb. 5-31 – Anpassen der Bauteile	107
Abb. 5-32 – RP-LC-Modell – Übersicht Frontfassade M 1:50	107
Abb. 5-33 – RP-LC-Modell – Frontfassade 1 M 1:50	108
Abb. 5-34 – RP-LC-Modell – Frontfassade 2 M 1:50	108
Abb. 5-35 – RP-LC-Modell – Toraschrein M 1:20	109
Abb. 6-2 – 2D Daten (<i>DXF</i>).....	111
Abb. 6-3 – 2D Daten in ArchiCAD	111
Abb. 6-5 – Unterteilen in Ebenen	112

Abb. 6-6 – GDL-Objekt in ArchiCAD	112
Abb. 6-7 – Wand-Objekt in ArchiCAD	112
Abb. 6-9 – Wandbauteil im Grundriss	113
Abb. 6-10 – Wandbauteil in 3D	113
Abb. 6-12 – Treppenauswahl	114
Abb. 6-13 – Parametereinstellungen	114
Abb. 6-14 – Treppe in 2D	114
Abb. 6-15 – Treppe in 3D	114
Abb. 6-17 – GDL-Kronleuchter in ArchiCAD	115

Sachverzeichnis

<i>Almemor</i>	arab. Bezeichnung für Kanzel (Bima); in Reformsynagogen am Ende des Betsaals
Aron ha-Kodesch	Bundeslade
<i>Apsis</i>	gr. Bezeichnung für Rundung, Bogen; halbrunder oder polygonaler Raum
<i>Basilika</i>	gr. Bezeichnung für Königsbau
<i>Boole'sche Funktionen</i>	Vereinigung, Verschnitt, Differenz
<i>Bundeslade</i>	Behältnis aus Holz, in dem die Gesetzestafeln des Moses aufbewahrt wurden
CAD	Computer Aided Design
DXF	Drawing Interchange Format (Autodesk)
<i>Extrusion</i>	in eine Richtung ziehen; eine Höhe geben
<i>Facetten</i>	Unterteilungen; Meshes
<i>Frauenempore</i>	erhöhter Nebenraum in Form einer Galerie oder Tribüne (über den Seitenschiffen)
<i>Helix</i>	Spiralgewunden
<i>Insert Face</i>	Vertiefung einfügen
<i>Insert Hole</i>	Loch einfügen
<i>Insert Opening</i>	Öffnung einfügen
<i>Intersection</i>	Verschnitt zweier oder mehrere Objekte
<i>Korinthisch</i>	Korinthische Kapitelle werden von Akanthusmotiven bestimmt
LC	<u>L</u> aser <u>C</u> ut
LS	<u>L</u> aser <u>S</u> chnitt
<i>Mappen</i>	Texturen (2D-Bitmaps) werden auf Oberflächen von Objekten abgebildet
<i>Menora</i>	siebenarmiger Leuchter
<i>NURBS</i>	<u>N</u> on <u>U</u> niform <u>R</u> ational <u>B</u> – <u>S</u> plines
<i>Offset</i>	Parallelfäche
PC	Personal Computer
<i>Primitives</i>	Würfel, Kugel, Zylinder, Kegel, Torus, Paraboloid, ...
<i>Rendern</i>	aus Computerdaten realistische Objekte zu erzeugen
<i>Renderengine</i>	Die Renderengine verarbeitet ein Drahtmodell zu einem Renderbild
<i>Revolve</i>	Ein Profil wird um eine Achse und um einen gewissen Winkel rotiert

<i>RP</i>	<i>Rapid Prototyping</i>
<i>Setzstufe</i>	<i>vertikaler Teil einer Stufe</i>
<i>Skin Objekt</i>	Freiformfläche; Verwendung von Profilen in Längs- und Querrichtung
<i>Stair From Path</i>	Treppe folgt einem Pfad
<i>Solid</i>	Volumskörper
<i>Sweep</i>	Ein oder mehrere Profile werden entlang eines oder mehrerer Pfade extrudiert
<i>Synagoge</i>	gr. Bezeichnung für Versammlung; hebr. Haus der Versammlung
<i>Tora</i>	hebr. Bezeichnung für Lehre; fünf Bücher des Mose; Grundlage des jüd. Glaubens
<i>Torarolle</i>	ausgeführte Niederschrift des Pentateuch auf Pergament; auf zwei Stäben aufgerollt; wird in den Toramantel gehüllt und im Aron ha-Kodesch aufbewahrt
<i>Trittstufe</i>	Horizontaler Teil einer Stufe; Stufe des Auftrittes
<i>Türlaibung</i>	innere oder äußere (meist schräge) Fläche einer Fenster- oder Türöffnung in einer Mauer

1 Einleitung



Abb. 1-1 - Modell Tempel¹

Synagogen sind die spezifischen Bautypen jüdischer Religion. Der von König Salomon erbaute antike Tempel zu Jerusalem (10. Jahrhundert v.d.Z.) war das Bauwerk im Judentum, an das man sich immer wieder anlehnte. Dort wurde in einem speziellen Raum das „Allerheiligste“ (die *Bundeslade*) aufbewahrt. In diesem wurden jene zwei Steintafeln aufbewahrt, auf denen nach biblischen Erzählungen die Zehn Gebote standen. Vom Salomonischen Tempel gibt es an sich keine überlieferten Abbildungen – lediglich zahlreiche Beschreibungen sind in der Bibel zu finden. Brand-, Räucher- und Tieropfer gehörten zum Tempelkult.

Im Jahr 586 v.d.Z. wurde der antike Tempel zerstört und die Bundeslade geraubt. Seitdem gilt sie als verschollen; der Tempel wurde im 6. Jahrhundert wieder aufgebaut.

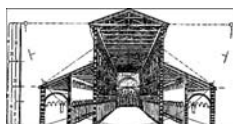


Abb. 1-2 – Basilika³

Synagogen dienten ursprünglich als Mehrzweckbauten für Gebet, Versammlungen, Lehre und Rechtsprechung. Sie „waren im architektonischen Sinn Abbildungen von Profanbauten“² und lehnten sich an römische Basiliken an. Erst durch die Zerstörung des Tempels wurde die Synagoge zum Gotteshaus. Ab diesem Zeitpunkt wurden keinerlei Opfer mehr erbracht – stattdessen etablierte sich der Gottesdienst. Im Mittelpunkt des Gottesdienstes steht die Vorlesung aus der *Tora*. Die *Torarolle* wird feierlich aus dem Toraschrein auf das Lesepult, den *Almemor* gebracht (Apsis beherbergt meist den Toraschrein). Die Gebete werden stets in Richtung des Tempels zu Jerusalem gesprochen – so befindet sich in den westlichen Ländern die Apsis in der Regel an der Ostwand.

Die meisten europäischen Synagogen waren als zweischiffige Gebäude mit zwei Säulenreihen konzipiert. Männer und Frauen waren stets getrennt und saßen in unterschiedlichen Räumen. Oft mussten Frauen den Gottesdienst durch Wandöffnungen verfolgen. Auch hatten Frauen andere Eingänge zu benutzen und sich auf einer anderen Ebene aufzuhalten.

Im deutschsprachigen Raum wurden die Juden bereits im 14. Jahrhundert, ebenso wie in anderen europäischen Ländern, aus den Städten vertrieben. Sie konnten sich trotz Vertreibung in kleineren Ortschaften ansiedeln. Dies ist auch der Grund, weshalb die Synagogen (auch in Wien) vorwiegend in dörflich geprägter Umgebung zu finden sind. Durch die ständigen Anfeindungen versuchten jüdische Architekten

¹ <http://www.buchmormon.mormonismus-online.de/assets/images/tempel-salomon.jpg>

² <http://130.83.168.36/synagogen/main.php>

³ <http://cip.physik.uni-wuerzburg.de/~htkramer/schnitt/kunst/basilika.gif>

die Synagogen so zu gestalten, dass sie sich nach Außen von den nichtjüdischen Bauten kaum unterscheiden ließen. Auch wurden Synagogen in kleinen Höfen zwischen Wohnbauten errichtet. Erst im 19. Jahrhundert, als die Bevölkerung zunahm, wurden größere Gotteshäuser erbaut. Es entstanden auch einige repräsentative Synagogen, die ihre Pracht nach Außen zeigen durften. Die bis 1933 entstandenen Synagogen im deutschen Raum lassen sich in drei Gruppen einteilen:

- Synagogen mit neoislamischen/orientalischen Elementen,
- Synagogen mit Elementen der deutschen Romanik und
- Synagogen mit regionalen/zeitgenössischen Baustilen.

Grundsätzlich kann man nicht von eindeutigen Charakteristika der Synagogen sprechen. Der Innenraum der meisten Synagogen wird jedoch von drei architektonischen Elementen geprägt:

- *Aron ha-Kodesch*,
- *Almemor* und
- *Frauenempore*.

Aron ha-Kodesch steht für *Bundeslade*. Diese ist ein „Behältnis aus Holz, in dem die steinernen Gesetzestafeln des Moses aufbewahrt wurden. Seit der Zerstörung des salomonischen Tempels gilt sie als verschollen.“⁵



Abb. 1-3 – Almemor⁴

Der *Almemor* stand bei den frühen Synagogen stets in der Mitte des Raumes. Auch ein Platz in der Nähe des Toraschreines war typisch. Durch das Herausheben der Ostseite kommt es zu einer architektonischen Betonung der Längsachse. Bestandteil aller Synagogeninnenräume war auch die *Menora*. Im Salomonischen Tempel gab es davon zehn Stück.

Frauen und Männer werden beim Beten räumlich voneinander getrennt. Der Bereich einer Synagoge, in dem sich Frauen aufhalten dürfen, wird als *Frauenempore* bezeichnet. Sie werden als weniger heilig betrachtet als der Männerbereich. Die Gottesdienste sind von der Empore aus kaum zu sehen und schlecht zu verstehen.

Von den ca. 3.000 Synagogen und Gebetshäusern, die es im deutschsprachigen Raum gab, wurden über 2.000 Synagogen in der NS Zeit zerstört. Alleine in der Reichspogromnacht wurden rund 1.400

⁴ <http://www.rrz.uni-hamburg.de/rz3a035/look140.jpg>

⁵ <http://130.83.168.36/synagogen/glossar.php?>

Gebetshäuser zerstört. Erst in späterer Zeit versuchte man an die zerstörten Prachtbauten, an Vertreibung und Vernichtung zu erinnern.

„Das Projekt *„Virtuelle Rekonstruktion von Synagogen“* versucht durch die Neuen Medien und mit Hilfe leistungsfähiger CAD – Programme, zerstörte und bereits vergessene Synagogen im deutschsprachigen Raum wieder aufleben zu lassen. Dabei werden jüdische Gotteshäuser am Computer virtuell rekonstruiert. Vor allem an der TU Wien wird das Konzept des *„Virtuellen Gebäudemodells“* verfolgt. Mit den computergestützten, virtuellen Rekonstruktionen soll der immense kulturelle Verlust aufgezeigt werden. Des weiteren ist es ein Ziel, „die bauhistorische Bedeutung der Bauwerke in Erinnerung zu rufen“⁶.

Diese Diplomarbeit umfasst die Rekonstruktion der Synagoge in Wien Währing (*Schopenhauerstraße 39*) und stellt einen weiteren Baustein für das bereits im Jahr 1994 initiierte Forschungsprojekt dar. Nachfolgender Lageplan soll die Situierung der zerstörten Synagoge verdeutlichen. Heute befindet sich an deren Stelle ein einfaches Wohnhaus.

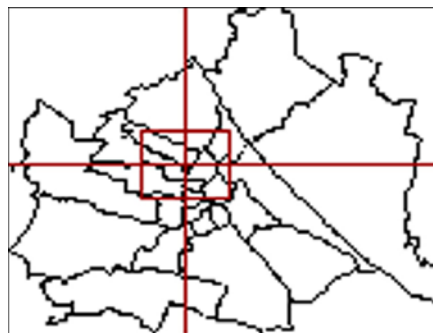


Abb. 1-4 – Übersicht Lageplan⁷

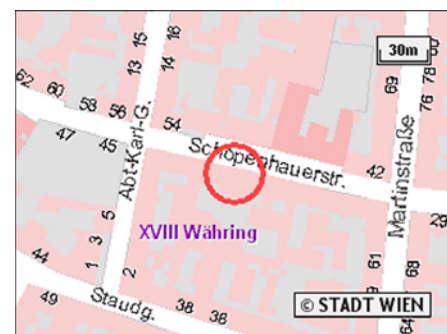


Abb. 1-5 – Lageplan Schopenhauerstraße⁷



Abb. 1-6 – Schopenhauerstr. 39 – Heute



Abb. 1-7 – Schopenhauerstr. 39 – Rekonstr.

⁶ <http://www.synagogen.info> (Mai 2005)

⁷ <http://www.wien.gv.at> (September 2005)

2 Modellieren der Geometrie

Zu Beginn des Arbeitsprozesses werden die Planbestände analysiert und aufgearbeitet. Dabei kann es durchaus sein, dass nicht jede Stelle des Gebäudes eindeutig beschrieben ist. Es gibt zwar Horizontalschnitte (Grundrisse) jedes Geschosses, einen Längsschnitt, einen Querschnitt, eine Frontansicht und ebenso Detailabbildungen – trotzdem gibt es immer wieder Stellen an denen die Planzeichnungen für eine „*Virtuelle Rekonstruktion*“ nicht ausreichen. Hier empfiehlt es sich Vergleichsbauten des Architekten oder anderer Wiener Synagogen des selben Jahrzehntes heranzuziehen.



Abb. 2-1 – Außendarstellung der Synagoge – *Gouraud Shading*

Bei der Synagoge von Architekt Jakob Modern gibt es im Vergleich zu anderen Wiener Synagogen relativ umfangreiches Planmaterial. Ziemlich hilfreich sind dabei Detailpläne und Malereien.

2.1 Aufbereiten des überlieferten Planmaterials

Das Aufbereiten der handgezeichneten Pläne ist von grundlegender Wichtigkeit für den Ablauf des Modellierprozesses. In diesem

Arbeitsschritt muss sauber und korrekt gearbeitet werden. Fehler am Anfang des Modellierens haben meist weitreichende Folgen für ein dreidimensionales Konstruieren.

2.1.1 Planmaterial und Darstellungen

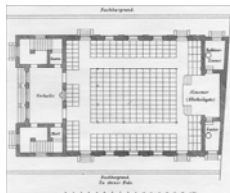


Abb. 2-2

A. Horizontalschnitt ‚Ebene Erdgeschoß‘ *E0*

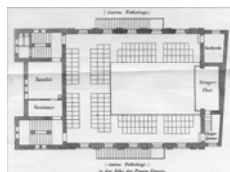


Abb. 2-3

B. Horizontalschnitt ‚Ebene Frauenemporen‘ *E1*

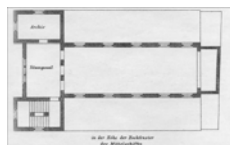


Abb. 2-4

C. Horizontalschnitt ‚Ebene Hochfenster‘ *E2*

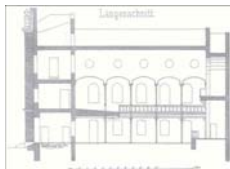


Abb. 2-5

D. Vertikalschnitt ‚Längs‘ *S1*



Abb. 2-6

E. Vertikalschnitt ‚Quer‘ *S2*



Abb. 2-7

F. Ansicht ‚Frontfassade‘ *A1*

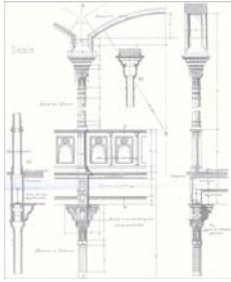


Abb. 2-8

G. Detailabbildungen ‚Schnitte und Ansichten‘ D1



Abb. 2-9

H. Innenraumabbildung ‚Aquarell‘ 11

2.1.2 Vektorisieren der Planüberlieferungen

Die im vorangehenden *Kapitel 2.1.1* abgebildeten Plandarstellungen sind handgezeichnete Darstellungen und entsprechen vom Detaillierungsgrad einer Einreichplanung (Ausnahme Detailpläne). Es handelt sich um Rastergrafiken, sprich Pixelbilder. Mit einem reinen Pixelbild lässt sich schwer arbeiten – es muss daher vektorisiert werden. Es gibt zahlreiche kostengünstige Tools⁸, mit denen man Rastergrafiken digitalisieren kann; jedoch verfahren diese nach strikten geometrischen und mathematischen Regeln und führen zu exakten, deckungsgleichen Objekten; ein Einsatz professioneller Vektorisierungsprogramme⁹ lohnt sich nach Meinung des Verfassers dieser Arbeit für ein einziges Projekt nicht. Aus diesen Gründen erfolgt im Prinzip ein händisches Aufarbeiten der Rastergrafiken. Dabei ist zu beachten, dass kein exaktes „Nachfahren“ der Bilder erfolgt – viel mehr werden Maße auf volle Zentimeter gerundet. Des weiteren wird beim Aufbereiten darauf geachtet, dass eindeutig formale Aspekte, wie Symmetrie, eingehalten werden. Die Symmetrie erkennt man beispielsweise in der Abbildung der Frontansicht. Die Grundrissdarstellungen hingegen weisen kleine Verzerrungsfehler bzw. Fehler auf, die auf die Ungenauigkeit der Handzeichnung zurückzuführen sind. Weiters gibt es während des Vektorisierens immer wieder Konflikte zwischen einzelnen Zeichnungen. So z.B. zwischen Ansicht und Schnitt oder zwischen den einzelnen Geschoßabbildungen. Hier müssen einheitliche Vektorpläne erzeugt

⁸ *Algolab* ‚Raster To Vector‘

⁹ *Graphikon* ‚Vectority‘

werden. Es reicht ein Aufbereiten der Grundrisse für den nächsten Arbeitsschritt aus. Höheninformationen können später auch von korrekt skalierten Rastergrafiken entnommen werden.

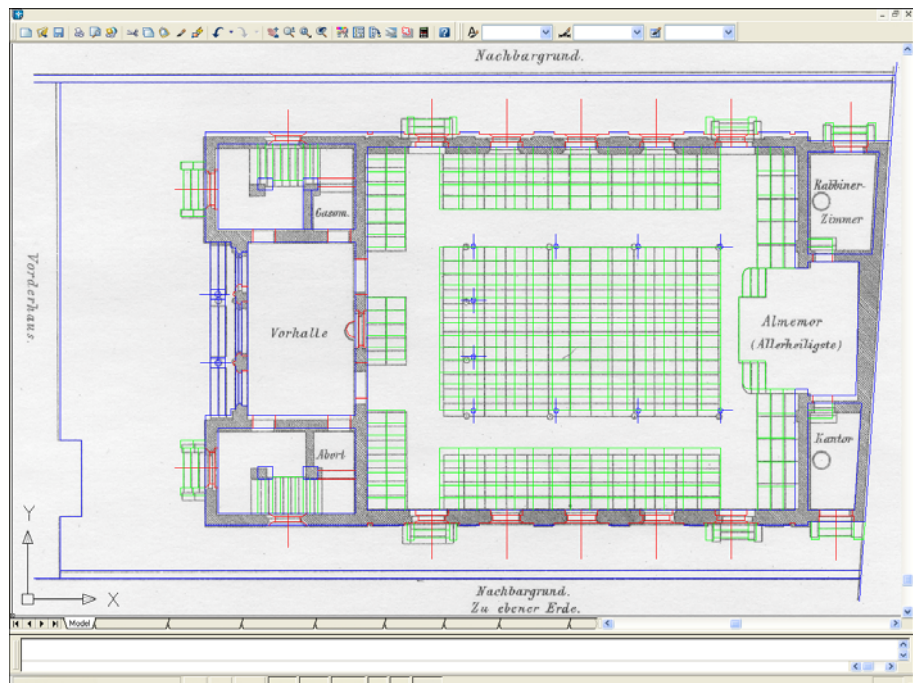


Abb. 2-10 – Screenshot Vektorisieren des Planmaterials – 2D Linien

In obiger Abbildung erkennt man deutlich die Abweichungen zwischen vektorisierter Darstellung und Rastergrafik. Dabei ist zu betonen, dass es sich bei den Abmessungen nach dem Vektorisieren um auf- bzw. abgerundete Zentimetermaße unter Berücksichtigung aller Plandarstellungen handelt. Ergebnis nach dem Vektorisieren der Grundrisse:

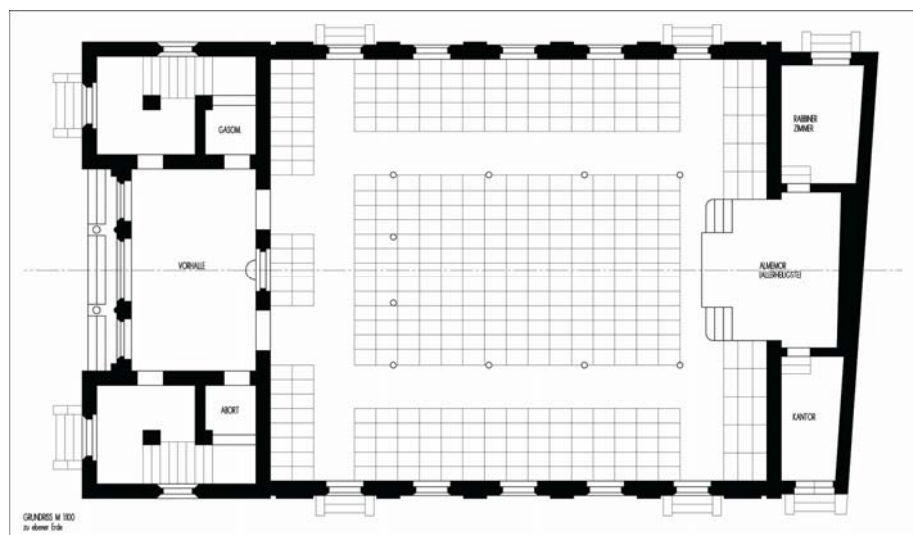


Abb. 2-11 – Vektorisierter Horizontalschnitt – Ebene Erdgeschoß

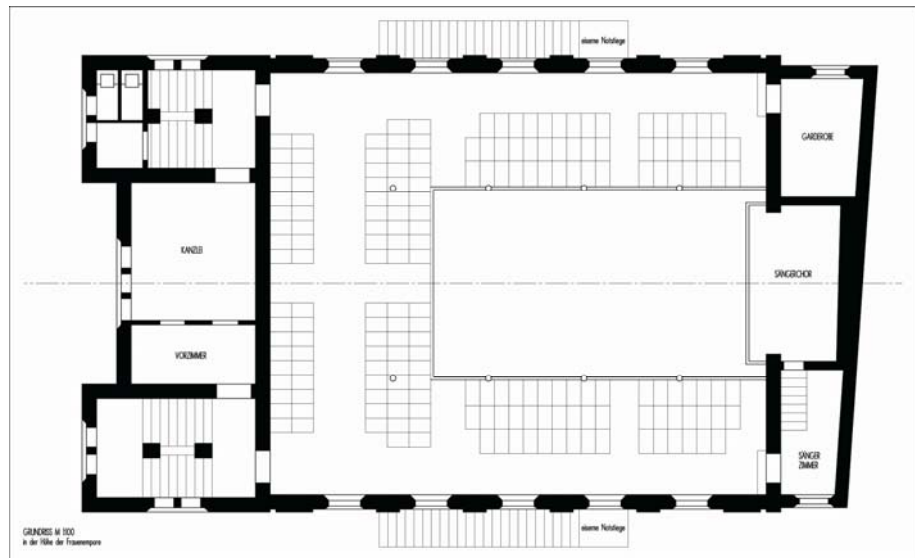


Abb. 2-12 – Vektorisierter Horizontalschnitt – Ebene Frauenempore

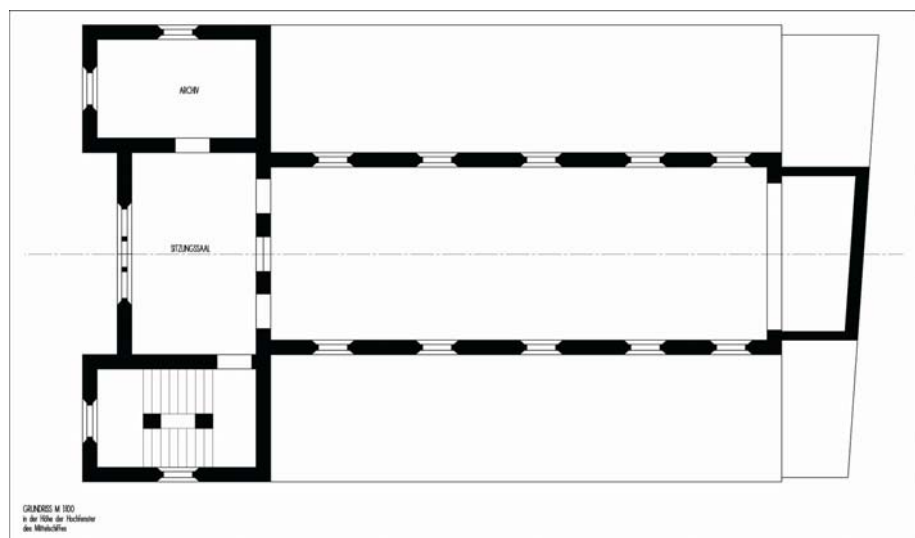


Abb. 2-13 – Vektorisierter Horizontalschnitt – Ebene Hochfenster

2.2 Modellieren in 3D



Abb. 2-15



Abb. 2-14



Abb. 2-16

Nun liegen die Grundrisse in vektorisierter Form vor. Sie können über die Exportfunktion des verwendeten CAD Programmes ausgelesen werden. Hier bietet sich das *Format *.dxf* als recht geeignet an – 2D Daten werden layerspezifisch korrekt übernommen. Beim vorliegenden Projekt wurde die Software *FormZ v5* von *Autodessys* verwendet. Zum Vektorisieren der Rastergrafiken kam das CAD Programm *AutoCad v2006* zum Einsatz. Die verwendeten Programme stellen lediglich mögliche CAD Pakete (*Graphisoft ‚ArchiCAD‘*, *Nemetschek ‚Allplan‘*, *Autodesk ‚ADT‘*, *Alias ‚Maya‘*) dar – so soll jeder jene Programme verwenden, mit denen er am Effektivsten zum gewünschten Ergebnis gelangt.

Es gibt ebenso die Möglichkeit die unterschiedlichen Grundrisse als Rastergrafiken direkt in jenes Programm zu importieren, mit dem das Objekt modelliert wird. Hier muss jedoch angemerkt werden, dass dabei die Rechenleistung stärker beansprucht wird – Vektorgrafiken benötigen weniger Speicherplatz als ein hoch auflösendes Pixelbild. Des weiteren ist zu betonen, dass auch mit dieser Arbeitsmethode korrektes Modellieren unter Berücksichtigung aller Plandarstellungen erforderlich ist. Jedoch kann hier direkt mit dem Modellieren in dritter Dimension begonnen werden – so können direkt Wände *extrudiert* werden.

Nach dem Import der unterschiedlichen Geschoße als Vektorlinien beginnt das Modellieren in dritter Dimension. Jedes gängige CAD Programm bietet die Möglichkeit, aus 2D Informationen *Solids* zu erstellen (Wandelemente, Decken, Platten, ect.).

2.2.1 Layerstruktur¹⁰

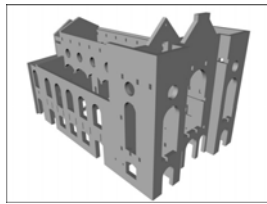
Die Synagoge in Wien Währing ist im Vergleich mit anderen Synagogen „ein Beispiel eines ungewöhnlich billig erstellten Gotteshauses“¹¹. Trotzdem sei an dieser Stelle zu betonen, dass es ratsam ist, sich an eine zu Beginn des Arbeitens erstellte Strukturierung und Gliederung in Layer bzw. Symbole und Objekte zu halten. Auch sei anzufügen, dass unabhängig von Komplexität und Größe der tatsächlichen Synagoge, ein Modellieren detailliert erfolgen kann. Da diese „Virtuelle Rekonstruktion“ einen Baustein einer umfangreichen

¹⁰ Peter, Herbert (2001). Die Entwicklung einer Systematik zur virtuellen Rekonstruktion von Synagogen [Diplomarbeit TU Wien]. Wien.

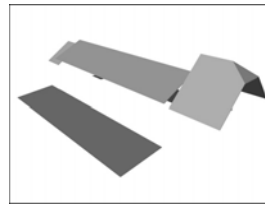
¹¹ Konnerth, Edmund (o.J.). Der neue israelitische Tempel in Währing [Auszug Zeitschrift]. Wien

Forschungsarbeit darstellt, bietet sich ein Verwenden von bereits bewährten Strukturen an.

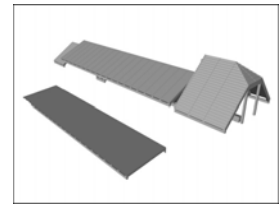
Mit einer Unterteilung des Gesamtmodells in Layer und Objekte werden die einzelnen Bauteile getrennt und eine gewisse Übersichtlichkeit geschaffen. Grundlegend für eine Strukturierung in Layer ist einerseits die Konstruktion bzw. der Gedanke des „*Virtuellen Gebäudes*“ – andererseits auch die Absicht zur Schaffung eines Basismodells für mögliche zukünftige Forschungsaktivitäten.



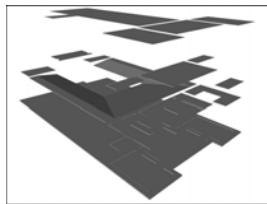
Vertikale Tragstrukturen



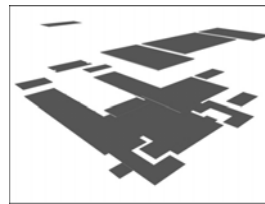
Dachhaut



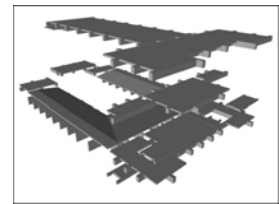
Dachkonstruktion



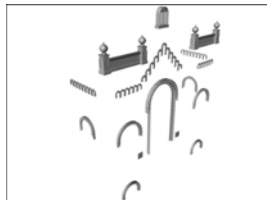
Boden



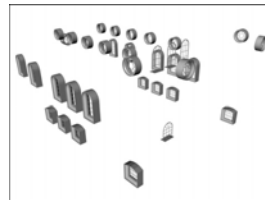
Deckendekor



Deckenkonstruktion



Fassadenelemente



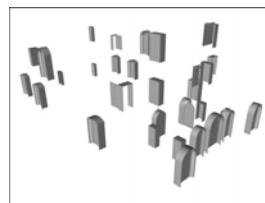
Fenster



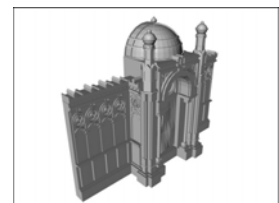
Große Fenster



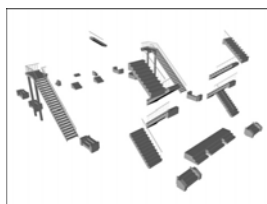
Säulen



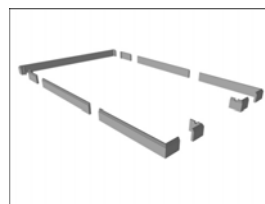
Türen



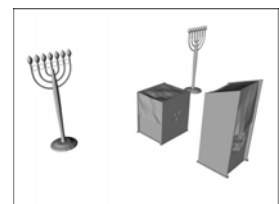
Schrein



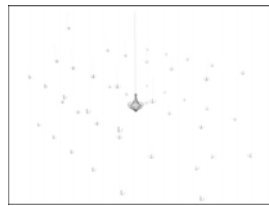
Treppen



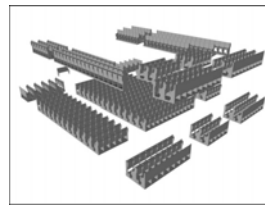
Sockel



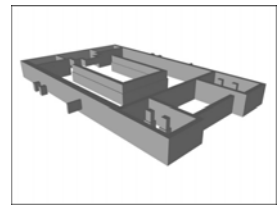
Almemor und Menora



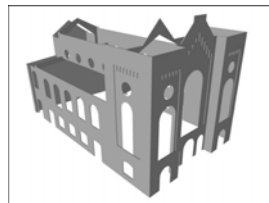
Leuchten



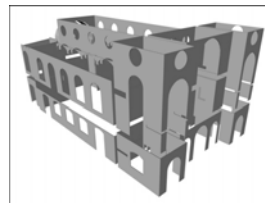
Sitzbänke



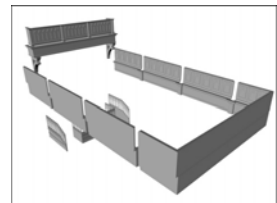
Fundament



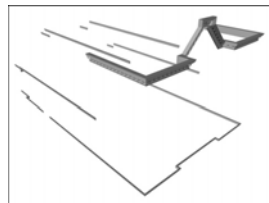
Außenhaut



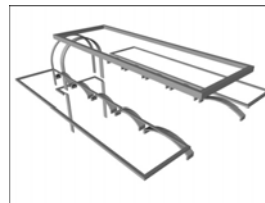
Innenhaut



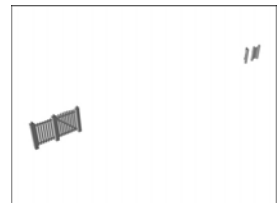
Brüstung



Gesimse Außen



Gesimse Innen



Umgebung



Eingang



Importierte 2D Daten

Abb. 2-17 – Layer

2.2.2 Haupttragstruktur

Der Grundgedanke des Computergestützten Modellierens der Synagoge in Währing ist das „Virtuelle Gebäudemodell“. Das bedeutet, dass das Gebäude so praxisnah wie möglich modelliert wird. In der Virtualität des Computers spielen üblicherweise die „physikalischen Gesetze“ keine Rolle. So können die unterschiedlichsten Objekte frei im Raum schweben oder Spannweiten überbrücken, die in der Realität nie zu erzielen wären. Ziel dieser Arbeit ist es, ein „virtuelles Modell“ zu schaffen, das auch aus konstruktiver Sicht eine gewisse Praxisnähe aufweist (mit gewissem Abstraktionsgrad). Des weiteren sei darauf hinzuweisen, dass eine mögliche maschinelle Fertigung des Modells gewisse konstruktive Anforderungen mit sich bringt.

Neben der genauen Lage der tragenden Strukturen im Grundriss ist der Gewinn der Höheninformation bzw. das Geschößmanagement entscheidend. Die Höhen können aus den Schnitten und Ansichten entnommen werden.

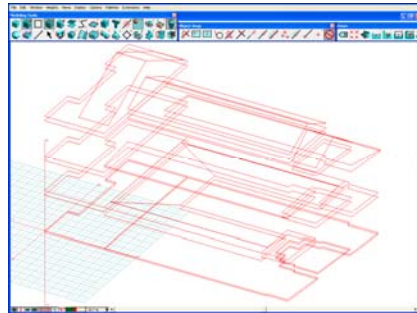


Abb. 2-18 – Geschößmanagement

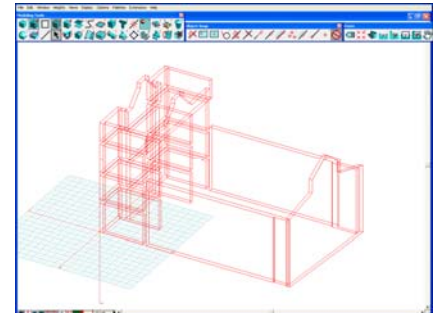


Abb. 2-19 – Tragstruktur Außen

Dabei ist zu bemerken, dass es immer wieder Konflikte zwischen den unterschiedlichen handgezeichneten Darstellungen gibt. Bei der Synagoge von Architekt Jakob Modern gibt es ein Erdgeschoß, ein Geschoß auf Höhe der Frauenemporen und ein Dachgeschoß.

Ebenso ist anzufügen, dass nicht jede Stelle der Synagoge mit Planzeichnungen klar definiert ist. Die Tragstruktur ist jedoch eindeutig aus den Einreichplänen (Grundrissen und Schnitten) ablesbar. In der obigen Darstellung sind die Außenwände und die tragende Vertikalstruktur des Vordertraktes abgebildet. Im jetzigen Arbeitsschritt geht es vor allem um die grundsätzliche Festlegung der Hauptstrukturen. Diese bilden die Voraussetzung für ein späteres detailliertes Modellieren und photorealistisches Rendern.

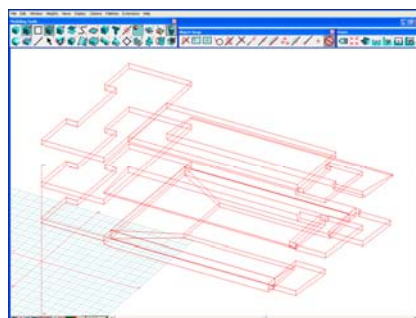


Abb. 2-20 – Deckensolids

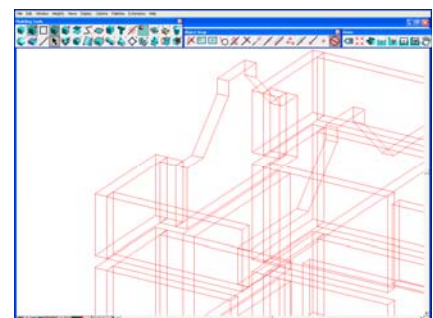


Abb. 2-21 – Tragstruktur Wand

Bei den Decken handelt es sich laut Planzeichnungen um Holzkonstruktionen (Holzkassettendecken). Zu Beginn des Modellierens macht es jedoch Sinn, Bauteile zuerst grob zu zeichnen. Dies hat den Vorteil, dass Fehler relativ schnell ausgebessert und korrigiert werden können. Erst sobald das Modell in seiner Gesamtheit in abstrakter Weise

modelliert ist, können einzelne Elemente durch detailliertere ersetzt werden.



Abb. 2-22 – Booleans

Bei den Decken- und Wandelementen handelt es sich geometrisch gesehen um Volumskörper. Dabei liegen die Deckenplatten auf den tragenden Wänden auf. Im Prinzip erfolgt eine Differenz zwischen Wand- und Deckenelementen.

Bis auf die Decke der Frauenempore handelt es sich geometrisch gesehen um ebene Platten (vorübergehendes abstraktes Modellieren). Hier neigt sich die Decke über den beiden Seitenschiffen leicht nach unten – um eine bessere Sicht zum Toraschrein und Almemor zu gewährleisten; die Neigungswinkel bzw. Höhen werden aus den Schnitten entnommen.



Abb. 2-23 – Gewölbe

Oberhalb des hölzernen Schreins befindet sich der Bereich des Sängerchors. Dessen „Decke“ ist als Gewölbe ausgeführt. Auch dieses Objekt wird zum jetzigen Zeitpunkt bloß als einfaches geometrisches Objekt modelliert. Im Zuge der detaillierten Modellierung wird es später durch neue Objekte ersetzt.

2.2.3 Fundamente und Bodenplatte

Ein weiteres für die Tragkonstruktion bedeutendes Element ist das Fundament. Im Prinzip werden die Lasten, die durch die Vertikalelemente (Wände und Stützen) nach unten geleitet werden, über die Fundamente in das Erdreich abgetragen.

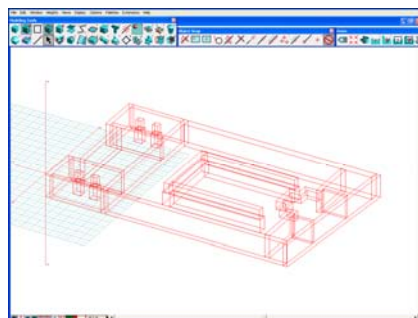


Abb. 2-24 – Fundamente

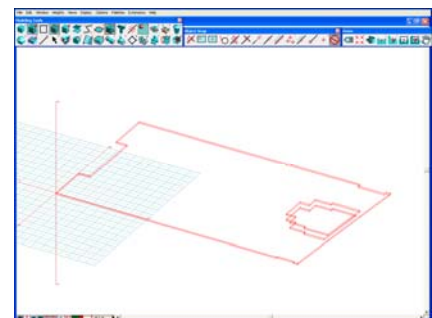


Abb. 2-25 – Bodenplatte

Aus den Schnitten werden die ungefähren Abmessungen der Streifen- und Einzelfundamente entnommen. Modelliert werden die Fundamente wie die Wandelemente. Das Modellieren der Fundamente ist vor allem für einen zukünftigen möglichen räumlichen oder zweidimensionalen Schnitt bedeutend. Für eine reine Visualisierung, Animation oder Präsentation wären alle „verdeckten“ Elemente unbedeutend – für den

Gedanken des „Virtuellen Gebäudemodells“ hingegen von großer Wichtigkeit.

Die Bodenplatte wird hier gesondert angeführt. Sie hat zum jetzigen Zeitpunkt dieselben Eigenschaften, wie die Decken der darüber liegenden Geschoße. Dazu muss gesagt werden, dass es sich bei der Bodenplatte nicht um eine Holzkonstruktion, sondern um eine massive Platte handelt. Alle anderen Decken des ersten und zweiten Geschoßes werden später genauer detailliert. Die Bodenplatte hingegen bleibt als massive Platte bestehen.

2.2.4 Wandöffnungen



Abb. 2-26 – Insertions

Nachdem die Hauptwandelemente modelliert wurden, können in diese Öffnungen gelegt werden. Die eingesetzte Software *FormZ v5* unterstützt generell ein effizientes und schnelles Arbeiten. Mit dem Befehl *Insert Opening* kann direkt im Raum ein Loch in ein bestehendes Wandelement eingeschitten werden; ist bloß eine Wandnische oder eine Vertiefung erforderlich, so wird dies mit dem Befehl *Insert Hole* bzw. *Insert Face* modelliert. Der Vorteil des vorhin genannten CAD Programmes liegt vor allem im effizienten Ausführen von Befehlen und im freien Modellieren im Raum.

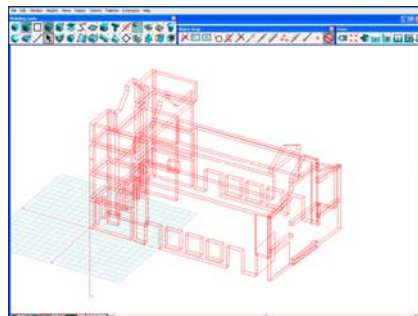


Abb. 2-27 – Wandöffnungen 1

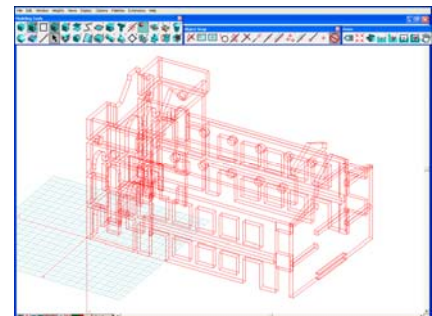


Abb. 2-28 – Wandöffnungen 2

Eine eingefügte Öffnung kann jederzeit wieder verschoben, skaliert oder gelöscht werden. Dies hat den Vorteil, dass bei kleinen Änderungen nicht das gesamte Wandelement gelöscht und neu gezeichnet werden muss. Des weiteren können die unterschiedlichsten Formen als Öffnungen verwendet werden (siehe dazu *nachfolgende Kapitel*).

Das Wandelement an der Rückseite der Synagoge verläuft laut Grundrissen nicht parallel zur Frontfassade; statt dessen folgt diese Ostwand der Parzellengrenze. Dies führt dazu, dass es sich geometrisch gesehen nicht um einen lang gestreckten Quader handelt, sondern um ein in die Höhe extrudiertes geschlossenes Polygon.

2.2.5 Wandbögen

Die vorhin beschriebenen Wandöffnungen stellen im Prinzip Öffnungen für das spätere Einfügen von Fenstern und Türen dar. Die Wandbögen bzw. Segmentbögen des Mittelschiffes sind analog dazu wie Wandöffnungen zu modellieren. Lediglich ist das Profil ‚Face‘ der Öffnung nicht bloß ein Kreis oder ein Kreisbogen, sondern besteht in diesem Fall aus einem Linienstück, einem Kreisbogen und einem weiteren Linienstück. Das Einfügen der Öffnung erfolgt wie oben beschrieben.

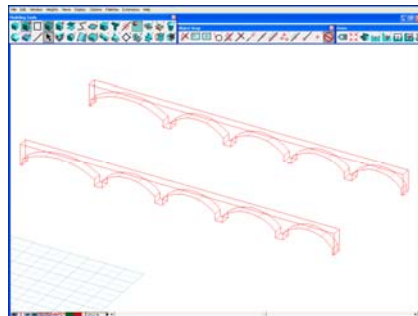


Abb. 2-29 – Wandbögen

2.2.6 Säulen

Die Lasten des Seitenschiffes werden einerseits über die Außenwände und andererseits über die Arkaden in die Säulen und in die Fundamente abgeleitet. Zum jetzigen Zeitpunkt werden die Säulen bloß als einfache Objekte – geometrisch gesehen als Zylinder – modelliert. Zu einem späteren Zeitpunkt werden sie durch detailliertere Objekte ersetzt.



Abb. 2-30 – Primitives

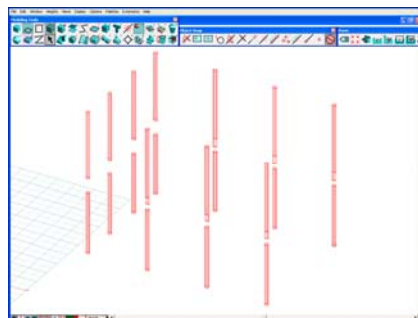


Abb. 2-31 – Säulen

2.2.7 Deckenöffnungen

Deckenöffnungen werden im Prinzip nach dem selben Schema modelliert, wie Wandöffnungen. Vor allem werden Öffnungen im Vordertrakt der Synagoge eingefügt.



Abb. 2-32 – Hole

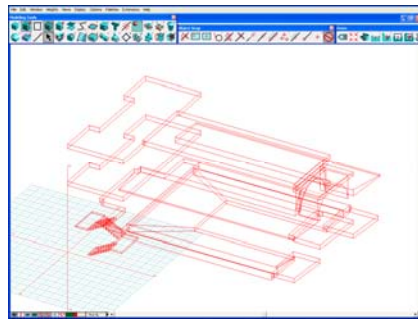


Abb. 2-33 – Deckenöffnungen

2.2.8 Treppen

In den vorherigen Modellierungsschritten wurden Bauteile in relativ abstrakter Weise erzeugt. Nun wird mit dem detaillierten Modellieren begonnen – d.h. die Basis für die nachfolgenden Arbeitsschritte wurde bereits gelegt. *FormZ* v5 verfügt, wie andere CAD Programme, über ein Tool, mit dem Treppen, Rampen und Podeste recht schnell modelliert werden können. Dazu muss angemerkt werden, dass zusätzlich zu den Einstellungen der Standardparameter einer Treppe, jederzeit noch Objekte hinzu modelliert werden können.



Abb. 2-34 – Derivatives

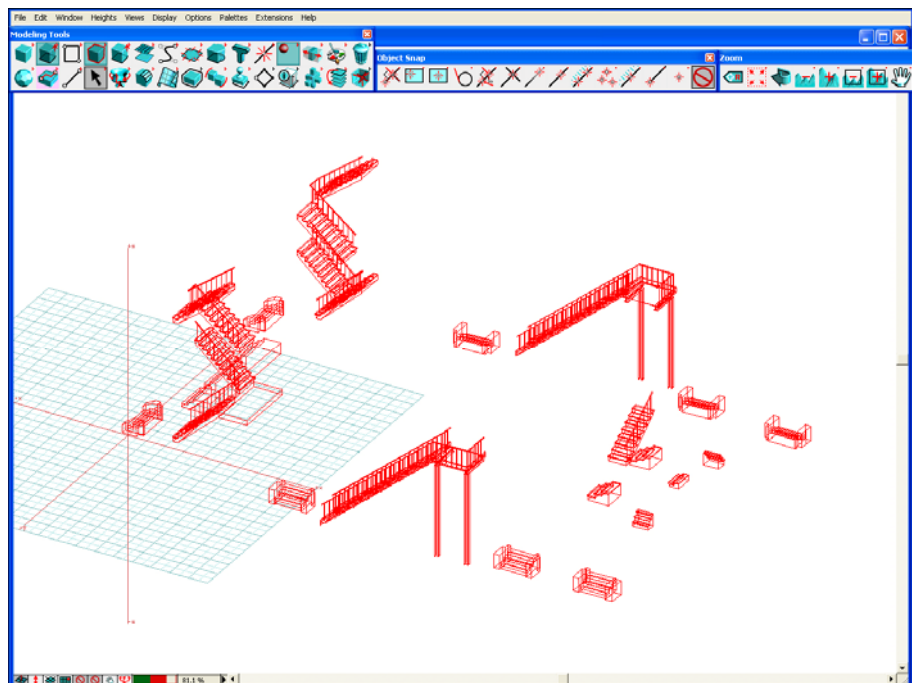


Abb. 2-35 – Übersicht Treppen

Treppen werden, wie bereits angesprochen, nicht wie in manchen CAD Programmen nach dem Prinzip „Stufe für Stufe“ modelliert, sondern mit

einem programminternen Befehl automatisch generiert. Dazu gibt es zwei grundsätzliche Arten:

- *spiralgewundene Treppen* und
- *einem Pfad folgende Treppen*.

Bei der gegenständigen Synagoge von Architekt Jakob Modern kommen keine spiralgewundenen Treppen vor. Es handelt sich vielmehr um einfache, geradläufige Treppen mit Zwischenpodest.

▪ Treppen Vordertrakt

Die Treppen im Vordertrakt der Synagoge werden in massiver Bauweise modelliert und mit einer Trittstufe aus Stein versehen. Des weiteren werden mit dem „*Stair From Path*“ – Tool Geländer und Handläufe modelliert. Auf halber Höhe der Geschoße gibt es jeweils ein Podest. Dieses wird in späteren Schritten detaillierter modelliert. Besonders angenehm sind die Parametereinstellungen der Treppen; so können beispielsweise das Profil des Handlaufes oder das Geländer an sich durch wenige Klicks verändert werden. Durch diese Möglichkeiten des recht schnellen und detaillierten computergestützten Modellierens können nach dem kompletten Erzeugen der Geometrie photorealistische Nahaufnahmen oder Kameraführungen generiert werden.



Abb. 2-36 – Stairs

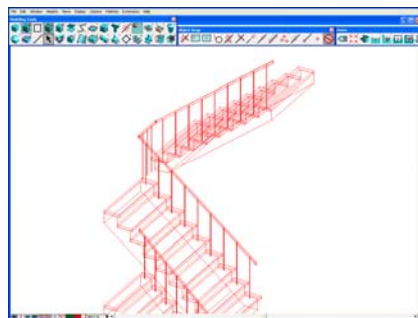


Abb. 2-37 – Treppen Vordertrakt

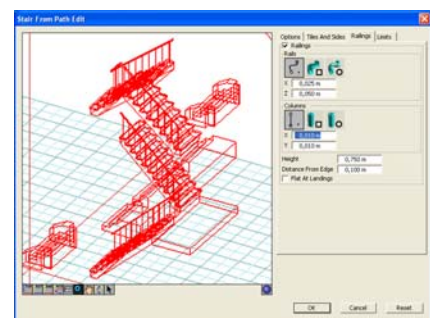


Abb. 2-38 – Stair From Path

▪ Fluchttreppen Frauenempore

Die Nottreppen, welche von der Ebene der Frauenempore nach Außen führen, sind laut Einreichplänen aus Eisen (Gusseisen). Für das computergestützte Modellieren wird dasselbe Tool wie bei den anderen Treppen angewandt. Lediglich handelt es sich nicht um massive Treppen mit Tritt- und *Setzstufe*, sondern um eine Treppe aus Metall – ohne Setzstufen. Die Trittstufen sind an den Außenwangen befestigt. Wie in obiger Abbildung dargestellt, wird die Treppe und das Podest von einer

Eisenkonstruktion getragen. Diese Lösung stellt eine recht billige und effiziente Bauart dar. Es ist auch festzuhalten, dass für entsprechend detailliertes Modellieren Annahmen getroffen werden müssen bzw. Vergleichsobjekte herangezogen werden. So gibt es zwei Eisenprofile, die als Träger wirken und an der Außenwand eingemauert sind. Am anderen Ende liegen sie auf zwei Stützprofilen auf. Die Lasten werden letztendlich über die Stützen in entsprechende Einzelfundamente abgetragen.

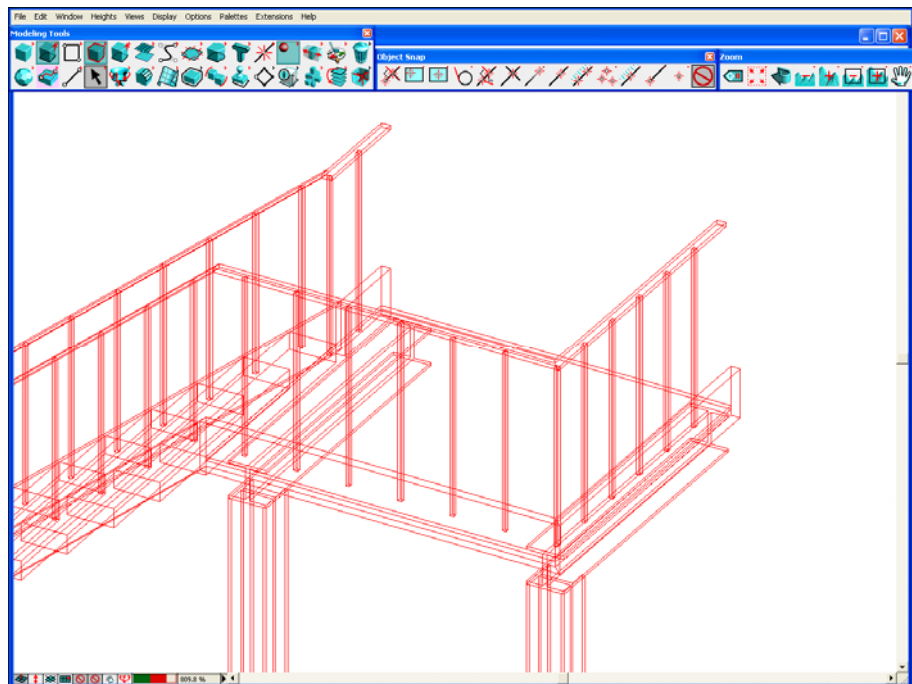


Abb. 2-39 – Nahaufnahme Fluchttreppe

▪ Sonstige Treppen

Neben den vorhin beschriebenen Treppen gibt es in der Synagoge noch weitere Treppen, die sich jedoch nicht wesentlich von den anderen unterscheiden. Das Modellieren erfolgt analog dazu. Lediglich ist festzuhalten, dass beispielsweise bei den Seiteneingängen keine Geländer vorgesehen sind; ebenso gibt es hier keine gesonderten Trittstufen – es handelt sich um massive Treppen.

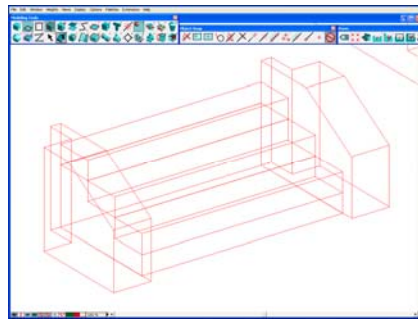


Abb. 2-40 – Treppe Seite

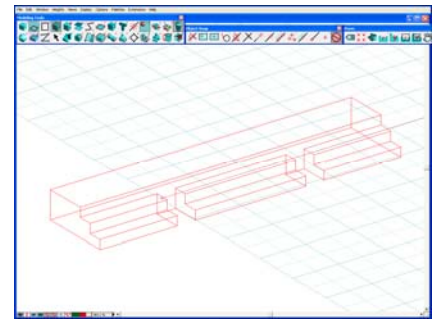


Abb. 2-41 – Treppe Eingang

2.2.9 Dachkonstruktion

Das nächste aus konstruktiver Sicht interessante Bauteil ist die Dachkonstruktion. Es handelt sich dabei um Steildächer in Holzbauweise. Dächer über dem Vordertrakt, sowie Dächer über dem Mittelschiff, sind mit Ziegeln gedeckt. Die beiden Seitenschiffe und die restlichen Dächer an der Ostseite der Synagoge sind jeweils verblecht. Dementsprechend gibt es unterschiedliche Dachaufbauten. Konstruktiv gesehen handelt es sich bei den Dachstühlen um Pfettendächer. Dabei werden die Sparren durch horizontale Balken unterstützt. Es gibt jeweils zwei Sparrenaufleger und eine Firstpfette. Die Sparren wurden in etwa alle 90cm Abstand versetzt. Die Firstpfetten werden alle 4-5m unterstützt. Die Sparren kragen nicht aus – somit gibt es keine Dachvorsprünge.



Abb. 2-43 – Multi Copy



Abb. 2-42 – Extrusions

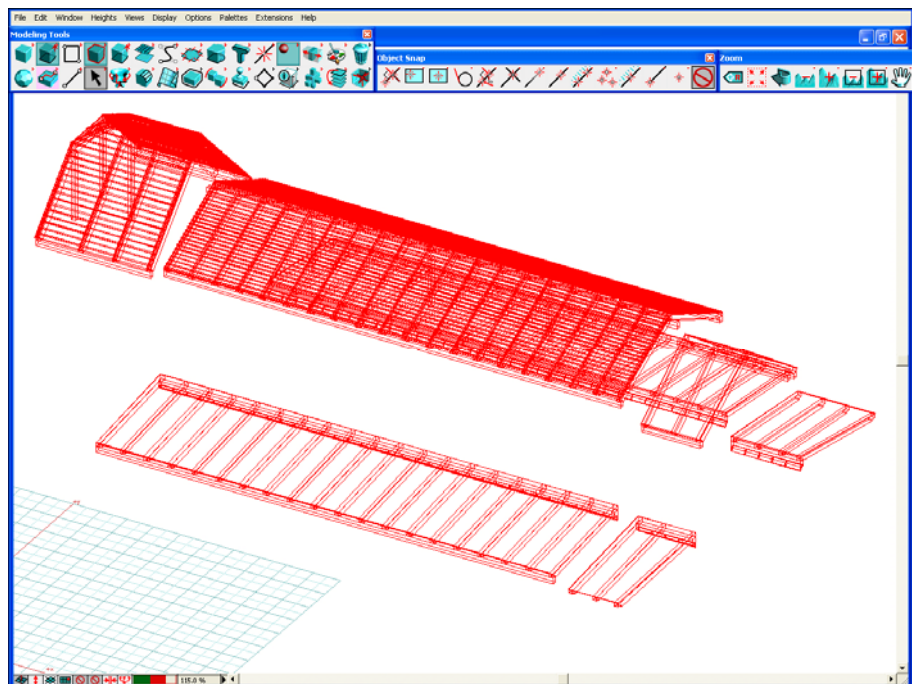


Abb. 2-44 – Übersicht Dachkonstruktion

▪ Dach Ziegeldeckung

Wie bereits vorhin erwähnt handelt es sich bei den Dächern um Steildächer. Dazu können die unterschiedlichsten Dachkonstruktionen und Dachaufbauten angewandt werden. Modelliert wird eine einfache Konstruktion:

- Sparren,
- Schalung,
- Abdichtung,
- Konterlattung,
- Lattung und
- Dachziegel

Die Dachpappe wird dabei nicht modelliert; sie fällt aufgrund ihrer geringen Stärke beim Modellieren nicht ins Gewicht. Genauso werden nicht die einzelnen Ziegel dargestellt. Hier reicht ein Erzeugen einer wenige Zentimeter dicke Haut (Dachziegelstärke entsprechend) aus. Beim späteren Texturieren wird einfach auf diese Schicht eine Ziegeltextur ‚gemappt‘.

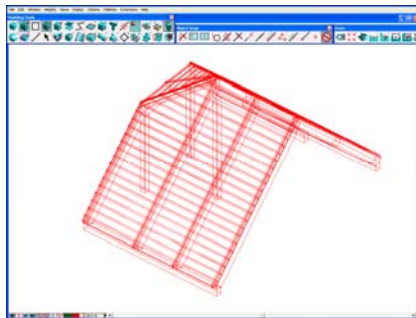


Abb. 2-45 – Dach Vordertrakt

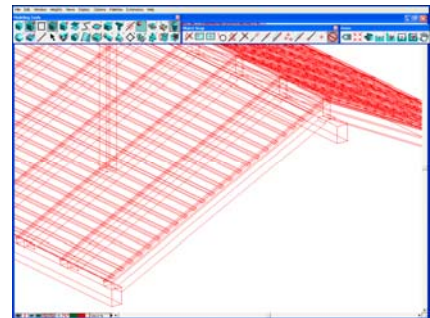


Abb. 2-46 - Dach Mittelschiff

▪ Dach Blechdeckung

Der Dachaufbau des Blechdaches ist ähnlich zu jenem des Daches mit Ziegeldeckung. Bloß entfällt hier wegen der Blechdeckung die Konterlattung und die Lattung. Die Pfette liegt auf einer Seite direkt auf der Außenwand auf. Auf der anderen Seite wird ein gerippter Eisenwinkel modelliert. Auf diesem liegt die Pfette auf. Somit wird die Mauer des Mittelschiffes ohne Unterbrechung bis zur Dachunterkante hoch gezogen.



Abb. 2-47 – Booleans

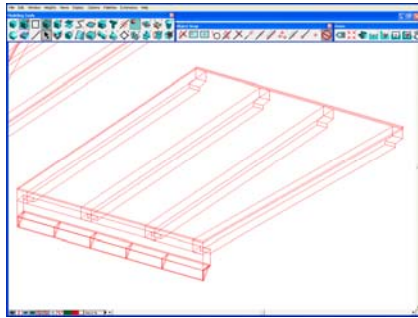


Abb. 2-48 – Blechdeckung

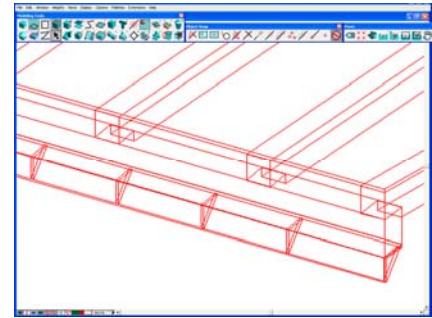


Abb. 2-49 – Pfettenauflager

Die Sparren werden in der Realität mit den horizontal liegenden Pfetten vernagelt. Im „*Virtuellen Gebäudemodell*“ wird bloß an Anfang und Ende der Sparren die Pfettenform eingeschnitten. Es handelt sich geometrisch gesehen um eine „*Differenz*“.

2.2.10 Fenster



Abb. 2-50 – Symbols

Zu Beginn des Modellierungsvorganges wurden Öffnungen in die Wandelemente geschnitten. Nun werden diese Öffnungen mit Elementen bestückt. Nachdem es sich in vielen Fällen um die gleichen Fensterelemente handelt, ist es sinnvoll diese Elemente als Symbole abzuspeichern und an den richtigen Stellen zu platzieren. Dies hat den Vorteil, dass einzelne Symbole aus gruppierten Einzelobjekten bestehen und als gemeinsames Symbol skaliert oder verändert werden kann.

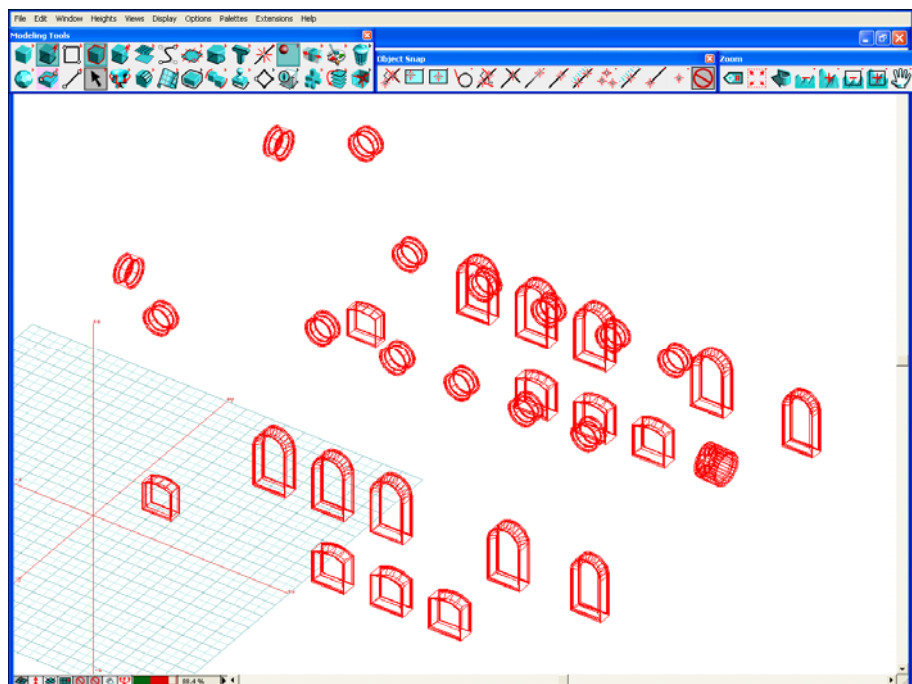


Abb. 2-51 – Übersicht Fenster



Abb. 2-52 – Derivatives

▪ Fensterlaibungen

Das Symbol „Fenster“ besteht aus unterschiedlichen Teilelementen. Ein wichtiger Bestandteil ist die Fensterlaibung. Je nachdem um welche Form es sich handelt wird weiters zwischen Rundfenster, Rundbogenfenster und Segmentbogenfenster unterschieden. Aus geometrischer Sicht handelt es sich bei diesen Objekten um „Sweep“ Objekte.

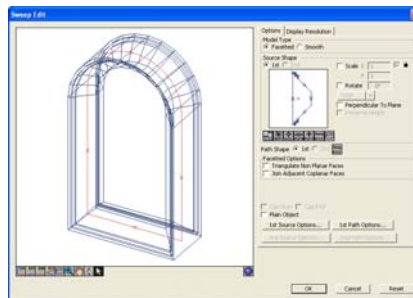


Abb. 2-53 – Sweep

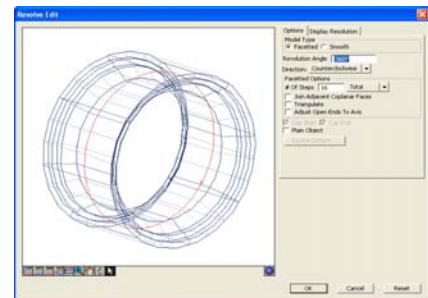


Abb. 2-54 – Revolve

▪ Rundfenster

Das Rundfenster kann im Prinzip auf unterschiedliche Weisen modelliert werden. Hier bietet sich sowohl ein „Sweep“ Objekt, als auch ein „Rotations“ Objekt an. „Rotations“ Objekte werden in *FormZ v5* mit dem Befehl „Revolve“ modelliert.

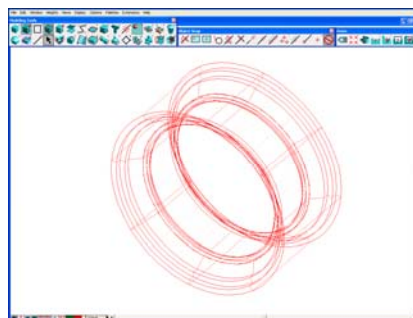


Abb. 2-55 – Rundfenster

▪ Rundbogenfenster

Das Rundbogenfenster ist geometrisch gesehen ein einfaches „Sweep“ Objekt. Die Tiefe der Fensterlaibungen (innen und außen) ist etwas größer als die reine Tiefe der Wandöffnung. Der Grund ist der, dass die Wände in mehreren Schichten modelliert werden – bisher wurde bloß der tragende Kern in der Mitte der Wand erzeugt.



Abb. 2-56 – Sweep

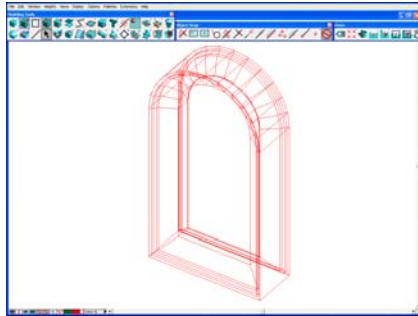


Abb. 2-57 – Rundbogenfenster

▪ Segmentbogenfenster

Das Segmentbogenfenster ist ebenso wie das Rundbogenfenster ein „Sweep“ Objekt. Das Profil ist dabei bei beiden Objekte das gleiche – lediglich der Pfad unterscheidet sich. Beim Rundbogenfenster besteht der Pfad aus einem Halbkreis und einer Polylinie; beim Segmentbogenfenster hingegen besteht der Pfad, um den das Profil entlang extrudiert wird, nicht aus einem Halbkreis, sondern aus einem Segmentbogen.

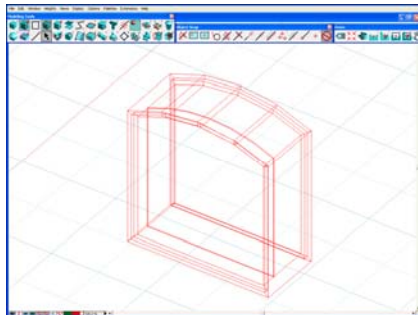


Abb. 2-58 – Segmentbogenfenster

▪ Fensterrahmen und Fensterverglasung

Vor allem für eine photorealistische Darstellung oder für die Erstellung einer Animation ist es sinnvoll Fensterrahmen und Fensterverglasungen zu modellieren. Dabei werden wieder zwischen den drei Pfaden unterschieden: Kreis, Halbkreis mit Polygon und Segmentbogen mit Polygon. Es entstehen Rahmen, Sprossen und Verglasung für Rund-, Rundbogen- und Segmentbogenfenster.

▪ Rundfenster

Der Rahmen des Rundfensters ist wieder ein „Sweep“ Objekt. Die Sprossen und die unterteilenden Elemente werden mit einfachen „Extrusions“ erzeugt und anschließend im Kreis in der entsprechenden



Abb. 2-59 – Multi Copy

Ebene kopiert. Die Verglasung basiert auf einem extrudierten Kreis und stellt geometrisch gesehen eine aufgestellte Kreisplatte dar.

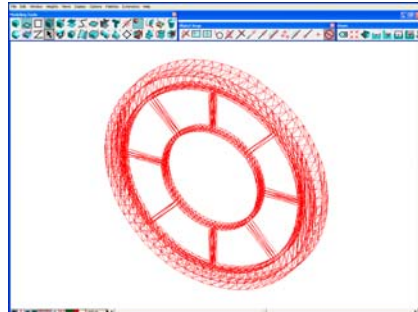


Abb. 2-60 – Rahmen Rundfenster



Abb. 2-61 – Extrusions

▪ Rundbogenfenster

Das Rundbogenfenster wird analog zum Rundfenster erzeugt. Lediglich der Pfad ist ein anderer. Auch gibt es zahlreiche Sprossen und Unterteilungen. Die Verglasung wird hier durch das „Extrudieren“ des Pfades erreicht.

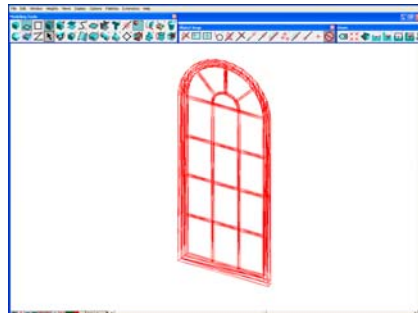


Abb. 2-62 – Rahmen Rundbogenfenster

▪ Segmentbogenfenster

Auch der Rahmen des Segmentbogenfensters ist ein „Sweep“ Objekt. Sprossen sind wiederum extrudierte Rechtecke, die bis an die Innenseite des Rahmens reichen. Auch hier entsteht der transparente Teil des Fensters, nämlich die Verglasung, durch Extrudieren des „Sweep“ Pfades.

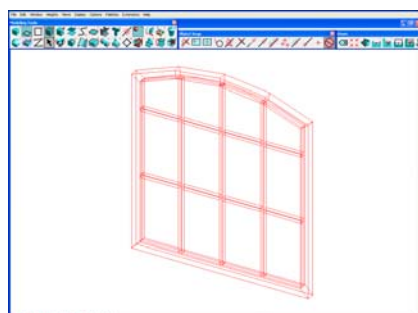


Abb. 2-63 – Rahmen Segmentbogenfenster

2.2.11 Türen



Abb. 2-64 – Derivatives

Ähnlich wie bei den Fensterelementen wird bei den Türen vorgegangen. Im Prinzip werden die zu Beginn eingefügten Wandöffnungen mit Türelementen bestückt. Auch hier macht es Sinn die zusammengefügte Einzelobjekte als Symbole abzuspeichern.

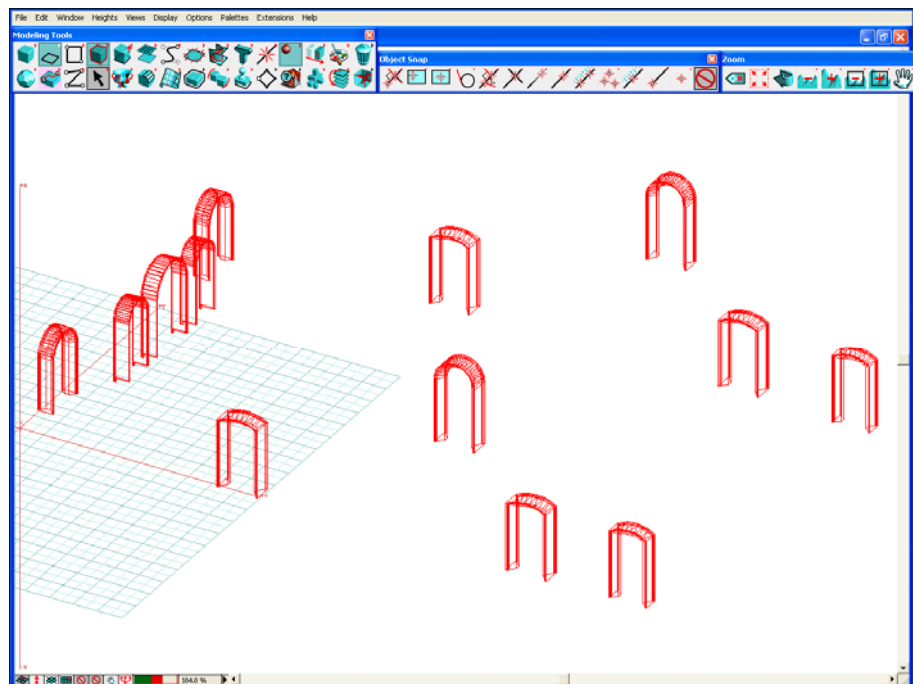


Abb. 2-65 – Übersicht Türen

▪ Türlaibungen

Ebenso wird das Symbol „Tür“ in zwei Unterkategorien unterteilt – in Türlaibungen und Türrahmen bzw. Türblätter. Je nach Form und Größe wird zwischen Rundbogentür und Segmentbogentür unterschieden. Türen innerhalb der Synagoge, wie Türen vom Vordertrakt zu den Frauenemporen oder Türen von den Frauenemporen zur Garderobe sind einfache Rechteckstüren. Geometrisch gesehen handelt es sich auch bei den Türlaibungen um „Sweep“-Objekte.



Abb. 2-66 – Symbols

▪ Rundbogentür

Bei den Rundbögen der Türen gilt für das Modellieren dasselbe, wie für die vorhin genannten Rundbogenfenster. Auch hier wird etwas über die reine Wandstärke modelliert. Später wird an der Innen- und an der Außenseite der Wand eine dünne Schicht modelliert.

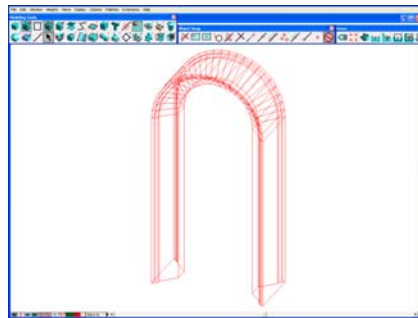


Abb. 2-67 – Rundbogen

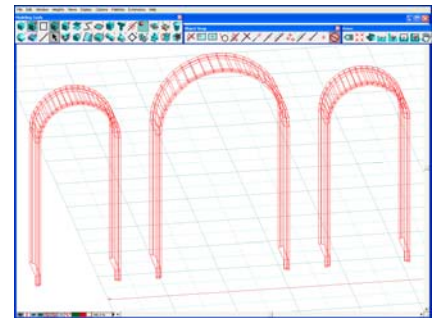


Abb. 2-68 – Rundbögen Eingang

▪ Segmentbogentür

Die Segmentbogentür wird wie das Segmentbogenfenster erzeugt. Lediglich der Pfad, an dem das Profil entlang wandert, ist an der Unterseite offen. Wichtig für eine korrekte Geometrie ist, dass der Pfad aus einem zusammenhängenden Objekt besteht – lose Teilstücke führen zu fehlerhaften Objekten.

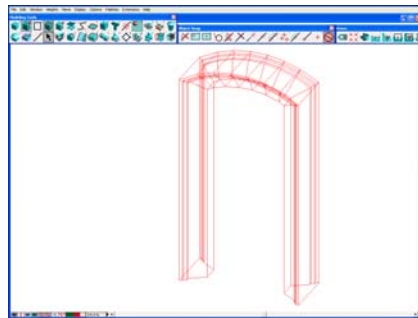


Abb. 2-69 – Segmentbogentür

▪ Türrahmen und Türblätter

In nachfolgenden Abbildungen sind zwei fertig modellierte Türsymbole abgebildet. Es gibt wiederum Türrahmen und Türblätter für Rundbogen-, Segmentbogen und Rechtecktüren.

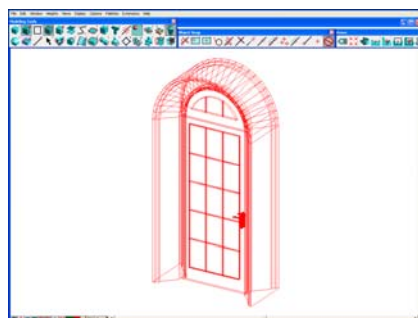


Abb. 2-70 – Symbol Rundbogentür

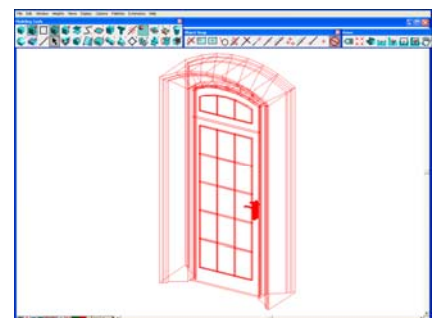


Abb. 2-71 – Symbol Segmentbogentür

- Rundbogentür

Der Rahmen des Rundbogens folgt demselben Pfad wie die Türlaibung. Das Türblatt entsteht durch Extrusion des Pfades.

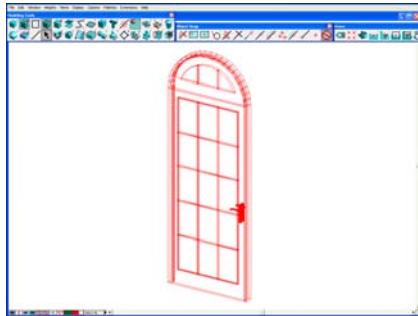


Abb. 2-72 – Rahmen Rundbogen

- Segmentbogentür

Für den Rahmen und das Türblatt der Segmentbogentür gilt obiges.

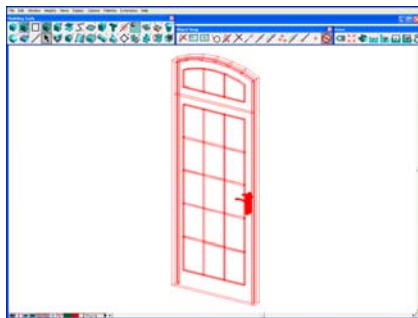


Abb. 2-73 – Rahmen Segmentbogen

- Rechtecktür



Abb. 2-74 – Derivatives

Die einfachste Variante der Türarten in der Synagoge ist die Rechtecktür. Sie wird beispielsweise im Vordertrakt zwischen Vorzimmer und Sitzungssaal eingesetzt. Der *Almemor* und die Zimmer des Rabbiners bzw. die Zimmer des Kantors werden mit einfachen Türöffnungen verbunden. Hier gibt es keine Türblätter oder Ähnliches. Lediglich ein „Vorhang“ verhindert einen direkten Einblick in die Hinterräume. Dieser stellt ein Detail im Modellierprozess dar.

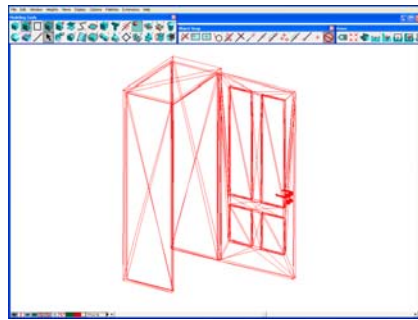


Abb. 2-75 – Offene Rechteckstür

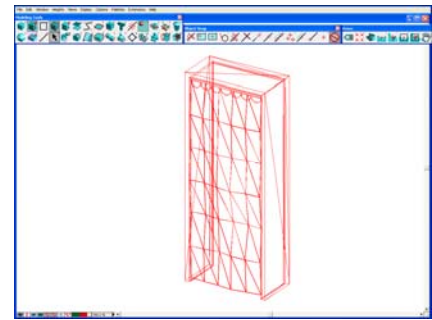


Abb. 2-76 – Tür zu Almemor Vorhang

Geometrisch gesehen handelt es sich dabei um eine Freiformfläche bzw. um ein „Skin“ Objekt. Dieser Befehl bietet sich dafür an. Es gibt auch andere Möglichkeiten ein derartiges Objekt zu modellieren – jedoch wäre ein Erzeugen von z.B. geglätteten „Nurbs“ – Objekten nicht sinnvoll. Für eine architektonische Betrachtung reicht eine Freiformfläche, die in „Facetten“ unterteilt ist vollkommen aus („Nurbs“ – Objekte kommen beim Modellieren von beispielsweise Freiformflächen im Autobau, bzw. beim Modellieren von Gesichtern und Seifenhäuten zum Einsatz).

▪ Türgriff

Um dem Symbol „Tür“ den letzten Schliff zu verleihen, wird noch ein Türgriff modelliert. Dabei handelt es sich aus geometrischer Sicht um einfache Extrusionsobjekte. Letztendlich werden alle einzeln erstellten Teilelemente zu Symbolen zusammengefügt. So können in allen zu Beginn modellierten Öffnungen die Türsymbole eingesetzt werden.

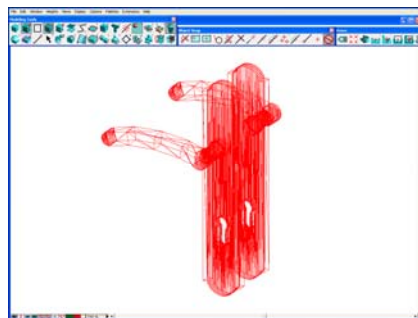


Abb. 2-77 – Türgriff

2.2.12 Holzbalkendecke

Die Decken der Synagoge werden allesamt in Holz ausgeführt. Es gibt im Prinzip keine großen Spannweiten zu überbrücken. Das Modellieren erfolgt so, dass die Balken stets auf der gemauerten Wand aufliegen. Zwischen den tragenden Balken wird eine Schicht mit einigen Zentimeter Stärke modelliert. Die oberste Schicht der Konstruktion ist der Bodenbelag. An der Unterseite der Decke (unterhalb der Balken) gibt es eine modellierte Untersicht, die die Konstruktion verdeckt.



Abb. 2-78 – Extrusions

Auch den Holzbalkendecken liegt das Konzept des „Virtuellen Gebäudes“ zu Grunde. Der konstruktive Aufbau wird aus den Detailplänen entnommen.

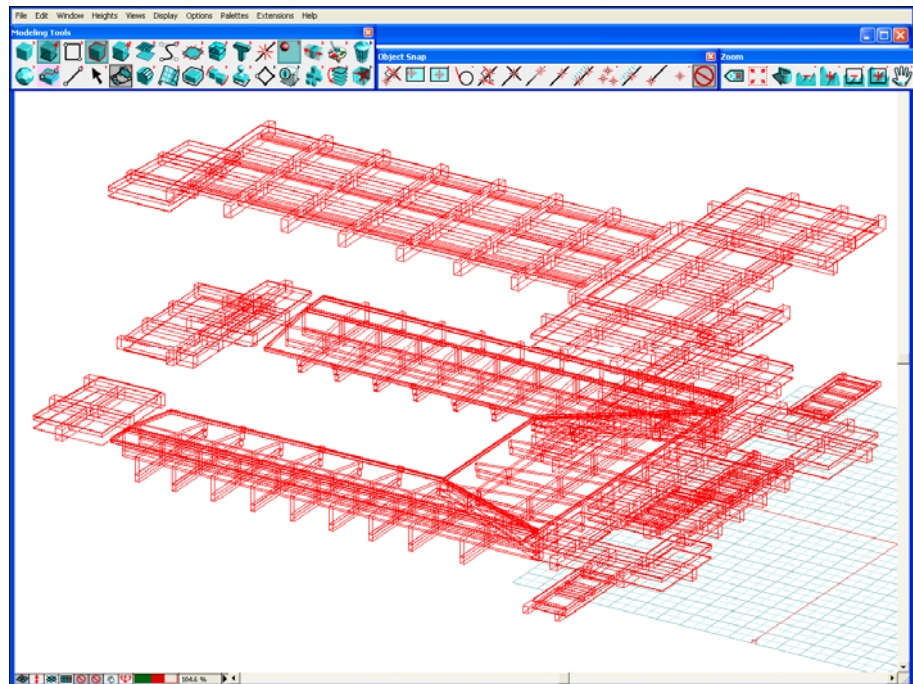


Abb. 2-79 – Übersicht Holzbalkendecke

▪ Holzbalkendecke auf Niveau der Frauenempore

Die Decke auf der Ebene der Frauenempore spannt am weitesten. Wie bei den anderen Decken handelt es sich um eine Holzkassettendecke. Dies ist den Detailplänen zu entnehmen. Der Teil über dem Seitenschiff liegt auf einer Seite auf der Außenwand auf – auf der anderen Seite werden die Lasten über die Stützen in die Fundamente abgetragen.

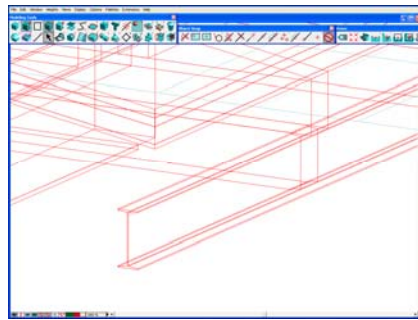


Abb. 2-80 – Auflager Eisenprofil



Abb. 2-81 – Sweep

Dabei liegt der Balken auf der Innenseite nicht auf einem quer gelagerten Holzträger auf – hier verläuft ein Eisenprofil. Dieses trägt die Lasten über die Säulen nach unten ab. Die Höheninformationen stammen aus den bereits modellierten massiven Decken. Diese werden nun schrittweise durch die detaillierten Holzkassettendecken ersetzt.

▪ Sonstige Holzbalkendecken

Die restlichen Holzbalkendecken sind nach demselben Prinzip wie die Decken auf Höhe der Frauenempore zu modellieren. Lediglich verlaufen diese stets eben. Zu beachten ist dabei, dass der Bodenbelag nicht in die Mauer modelliert wird. Auch die Untersicht endet vor der Innenhaut der Wand. Werden diese Details nicht beachtet, so kommt es bei einer möglichen numerischen Fertigung zu Problemen, da Teile nicht aufeinander abgestimmt sind (Überlappungen).

▪ Bodenleisten

Nachdem die Bodenbeläge bereits korrekt modelliert wurden, können nun auch weitere Details, wie Bodenleisten erzeugt werden. Diese werden nicht in jedem Raum dargestellt.

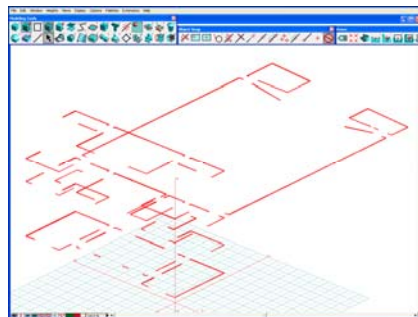


Abb. 2-82 – Übersicht Bodenleiste

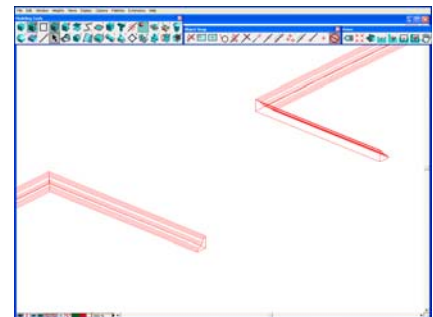


Abb. 2-83 – Detail Bodenleiste



Abb. 2-84 – Trim

Aus geometrischer Sicht werden die Bodenleisten als „Sweep“ Objekte modelliert. Ein Profil wandert dabei an der Außenkante des

Bodenbelages entlang. Zu beachten ist auch, dass bei allen Öffnungen, wie Türen, Fenster oder Treppenaufgängen, die Bodenleisten abgeschnitten werden. Dies kann mit dem Befehl „Cut“ erfolgen. Als „Cutting Line“ wird hier die Öffnung der bereits modellierten Wand verwendet.

▪ Deckengesimse

Nach den Bodenleisten werden nun auch die Deckengesimse modelliert. Dabei handelt es sich nicht um gigantische Gesimse, wie unter der Decke des Mittelschiffes; die Objekte, die in diesem Abschnitt modelliert werden, stellen kleine Gesimse dar, die unter anderem im Sitzungssaal oder in der Kanzlei des Vordertraktes angebracht sind. Das Erzeugen der Objekte erfolgt analog zu jenen der Bodenleiste. Unterschiede gibt es lediglich im Profil und im Pfad. Der Pfad ist hier stets geschlossen, da es keine Unterbrechungen, wie Türöffnungen oder Ähnliches gibt.



Abb. 2-85 – Sweep

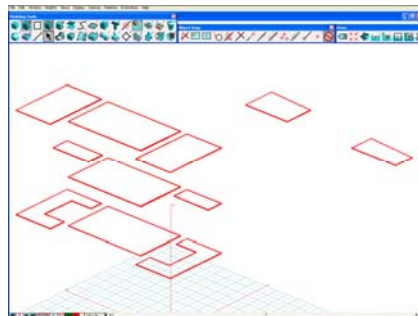


Abb. 2-86 – Deckengesimse

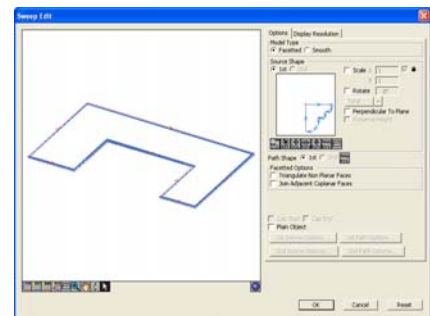


Abb. 2-87 – Sweep Edit

2.2.13 Säulen

Die Säulen der Synagoge sind ein markantes Element des Innenraumes. Es handelt sich dabei laut Detailplänen um Säulen aus Gusseisen. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist es nicht der Normalfall, dass bei einer „Virtuellen Rekonstruktion“ auf Detailpläne zurückgegriffen werden kann.

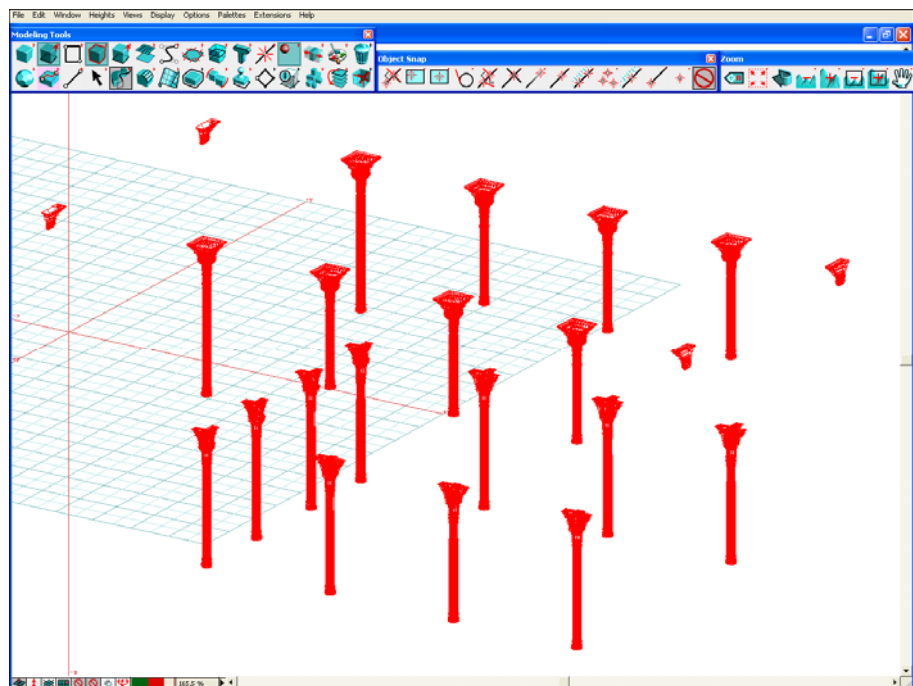


Abb. 2-88 – Übersicht detaillierte Säulen

Der erste Schritt bevor mit dem detaillierten Modellieren begonnen werden kann, ist das Digitalisieren der Detailpläne. Hierzu wird analog zum Vektorisieren der Grundrisse verfahren. Wichtig ist, dass man sich an die Abmessungen der Detailpläne hält. Genauso sind die Abmessungen des bereits modellierten Bereiches zu berücksichtigen. So ist es die Ausnahme, dass Detailpläne mit den restlichen Plänen, wie Schnitten oder Ansichten übereinstimmen. Des weiteren kann beobachtet werden, dass die Bemaßungen nicht immer mit dem Gezeichneten übereinstimmen. So wurden wahrscheinlich manchmal Änderungen an Abmessungen vorgenommen. Um jedoch nicht das gesamte Objekt neu zu zeichnen, wurden bloß die Maßlinien korrigiert.

▪ Säulen im Erdgeschoß



Abb. 2-89 – Revolve

Die Säulen können unter Zuhilfenahme der Detailpläne genau modelliert werden. Ein Grundgedanke des Modellierens ist ein einheitliches detailliertes Rekonstruieren der Synagoge. So soll nicht bloß ein Objekt, wie der Bereich des „*Allerheiligsten*“ präzise und umfangreich modelliert werden – viel mehr wird die gesamte Synagoge von den Treppen bis zu den Säulen umfassend durchgezeichnet.

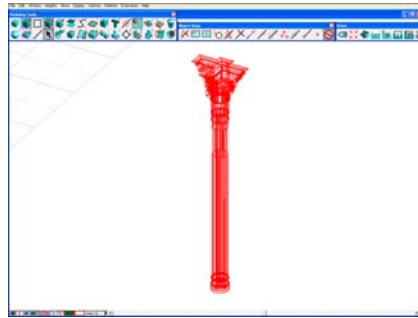


Abb. 2-90 – Säule Erdgeschoß

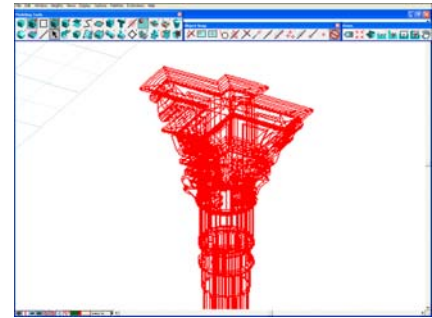


Abb. 2-91 – Säule EG Detail

Die Säulen im Erdgeschoß bestehen, wie die restlichen Säulen, aus Gusseisen. Aus geometrischer Sicht handelt es sich bei den meisten Objekten um Rotationskörper. Dabei wird ein Profil um die z-Achse rotiert. Die Säule wird nicht als Vollkörper modelliert, sondern als „Rohr“ (laut Detailplänen).

Das Kapitell der Säulen im Erdgeschoß hat Ähnlichkeiten zu den korinthischen Kapitellen der Klassik. Für das Modellieren des Kapitells bietet sich die Palette „Derivatives 2“ an. Mit dem „Sweep“ Befehl kann das Grundgefüge des Kapitells erstellt werden. Kleinere Teilobjekte werden einzeln als „Primitives“ erstellt und an den Pfad des „Sweep“ Objektes ausgerichtet.

Beim Modellieren des Kapitells gibt es wiederum unterschiedliche Möglichkeiten, die zu einem gewünschten Ergebnis führen. Hier muss angemerkt werden, dass stets jene Methode bevorzugt wird, welche ein Objekt erzeugt, das den Rechner am Geringsten „belastet“. So gibt es wie bei den Freiformflächen auch hier die Variante, kleine Motive mit „Nurbs“ Objekten zu erstellen. Jedoch beanspruchen diese Elemente rund den zehnfachen Speicherplatz.

▪ Säulen im Obergeschoß

Beim Modellieren der Säulen im Obergeschoß wird nach dem selben Schema vorgegangen wie bei den Säulen im Erdgeschoß. Die Säulen an sich unterscheiden sich in Größe, Abmessung und Form. Auch hier sind Ähnlichkeiten zu den korinthischen Kapitellen der Klassik zu beobachten.



Abb. 2-92 – Intersection

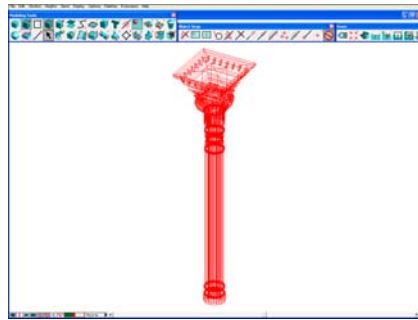


Abb. 2-93 – Säule Obergeschoß

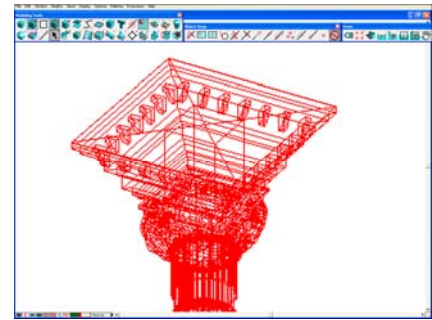


Abb. 2-94 – Säule OG Detail



Abb. 2-95 – Primitives

Im Gegensatz zu den Säulen des Erdgeschoßes wird das Grundobjekt des Kapitells nicht bloß als Rotationsobjekt erstellt. Hinzu kommt hier ein einfacher Befehl der „Booleschen“ Funktionen – „Intersection“. Die restlichen Teilobjekte werden auch hier als „Primitives“ erstellt.

Hier bietet sich auch ein Erstellen von Symbolen an. Säulen des Erdgeschoßes oder des Obergeschoßes werden nicht als lose Teilobjekte an ihre Position gesetzt, sondern werden zunächst als Symbol abgespeichert und dann als gruppiertes Element eingefügt.

▪ Säulen – Brüstung Frauenempore



Abb. 2-96 – Union

Auf Höhe der Frauenempore läuft die Säule des Obergeschoßes (laut Detailplänen) nicht ungehindert durch die Holzbrüstung – es gibt an dieser Stelle eine gesonderte Ausführung der Säule. Dazu muss nicht eigens eine neue Säule erstellt werden; es wird auf die bereits modellierte Säule des Obergeschoßes zurückgegriffen. Lediglich die Dimensionen müssen verändert werden (Skalierung). Ebenso werden unter anderem das Kapitell und andere Teilelemente des Symbols „Säule Obergeschoß“ entfernt und als neues Symbol abgespeichert. Mit dieser Methode (Editieren bereits erstellter Objekte statt komplett neuem Modellieren) können einige Minuten an Arbeitszeit eingespart werden.

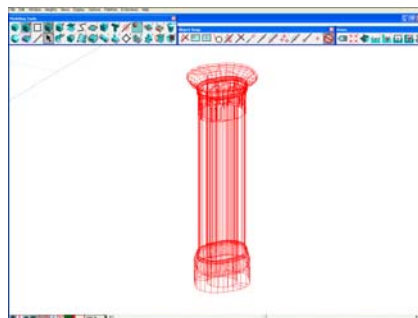


Abb. 2-97 – Säule Brüstung



Abb. 2-98 – Cut By Line

▪ Kapitelle an Innenwänden

In den Einreichplänen sieht man bei genauerem Betrachten, dass auch an den Wänden Teile von Kapitellen dargestellt sind. Hierzu werden die Kapitelle des jeweiligen Geschoßes wieder verwendet. Das Kapitell wird zu einem Symbol zusammengefügt und an der Innenseite der tragenden Wand abgeschnitten. Dann wird das Objekt als neues Symbol abgespeichert und an die entsprechenden Positionen in der Synagoge kopiert.

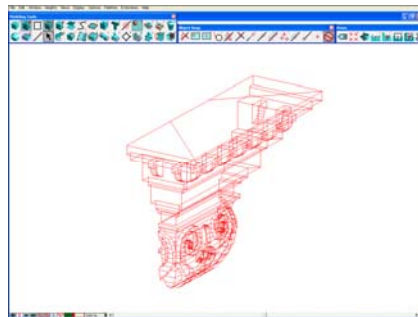


Abb. 2-99 – Kapitell an Wand

2.2.14 Eingangsbereich

„Die Fassade der Währinger Synagoge ist in Rohbau mit ortsüblichen Mauerziegeln ausgeführt. Bildhauerarbeiten sind in Zementguss hergestellt.“¹² Der Eingang des Sakralbaues ist recht einfach und in seiner Dimension beschränkt ausgeführt. Es gibt einen wenige Meter tiefen, wettergeschützten Bereich. Dahinter befinden sich die tatsächlichen Portale aus Holz.

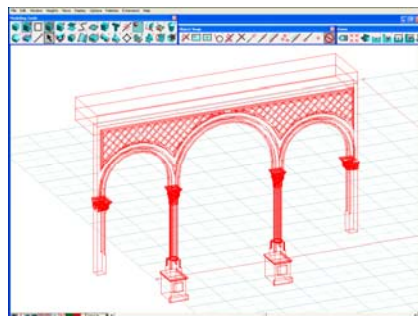


Abb. 2-100 – Eingangportal

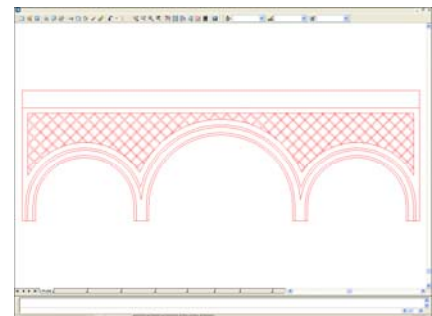


Abb. 2-101 – Eingangportal 2



Abb. 2-102 – Derivatives 2

Das Modellieren dieses Frontbereiches setzt, wie bereits bei anderen detaillierten Objekten gezeigt, ein Aufbereiten der Daten voraus. Hier wird die Ansicht der Einreichpläne verwendet. Die drei Bögen und das darüber liegende Rahmengitter entsprechen einfachen „Extrusions“. Die

¹² Veröffentlichung, Allgemeine Bauzeitung (1892)

Säulen des Eingangsbereiches sind verfeinerte Quaderelemente, welche mit einem Sockel und einem Kapitell versehen werden.

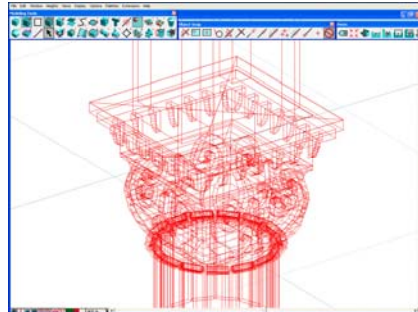


Abb. 2-103 – Kapitell

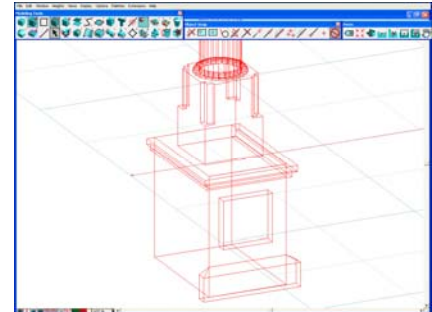


Abb. 2-104 – Sockel



Abb. 2-105 - Booleans

Das Kapitell des Eingangsbereiches weist wie jene der Stützen im Innenraum korinthische Züge auf. Modelliert wird es in ähnlicher Weise, wie die im Kapitel „Säulen“ beschriebenen Arbeitsschritte. Unterschiede gibt es lediglich in Form, Dimension und Detaillierungsgrad. Die Hauptfunktionen für das Erzeugen dieses Bauteils sind „*Revolves*“, „*Extrusions*“, und „*Sweep*“ Objekte.

Der Sockelbereich der Säulen im Eingangsbereich wird vor allem nach Plänen der Frontfassade modelliert. Er besteht geometrisch gesehen aus „*Primitives*“ und „*Verschnittkörpern*“.

2.2.15 Brüstung auf Höhe der Frauenempore



Abb. 2-106 – Sweep

Die Brüstung auf Höhe der Frauenempore ist höchst wahrscheinlich aus Holz. Auf der Außenseite gibt es zahlreiche Ornamente und Verzierungen. Diese sind in den Detailplänen dargestellt. Um diese zu modellieren, empfiehlt es sich zunächst, die gestalterischen Elemente zu vektorisieren und anschließend als Vektorgrafik in die entsprechende Referenzebene einzufügen.

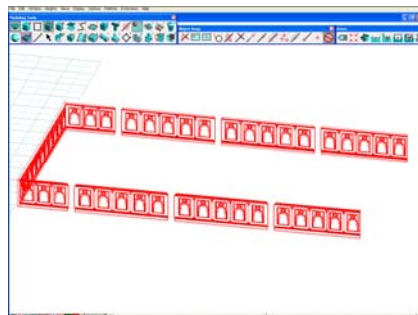


Abb. 2-107 – Brüstung Frauenempore

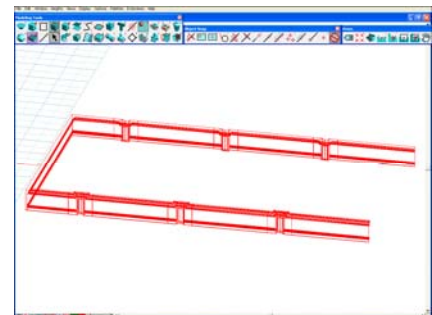


Abb. 2-108 – Abdeckung Brüstung

Das Basisobjekt der Brüstung ist ein „Sweep“ Objekt, dessen Profil entlang eines Polygons wandert. Anschließend werden die eingefügten zweidimensionalen Vektorlinien zu Körpern verarbeitet. Danach werden diese entlang des Pfades kopiert. Um Vertiefungen und Erhöhungen der Brüstung zu erstellen, kann eine Differenz beider Objekte erfolgen. Ebenso muss an jenen Stellen, wo die Säulen eingefügt wurden, eine Differenz erfolgen.

Unterhalb der Brüstung wird eine Abdeckung (auch in Holz) modelliert. Diese verhindert ein Einblicken in die Deckenkonstruktion. Geometrisch gesehen handelt es sich bei der Abdeckung um ein „Sweep“-Objekt. Das Profil stammt dabei aus den Detailschnitten – der Pfad folgt im Prinzip der Balkonbrüstung bzw. den dazwischen gelagerten Säulen.

2.2.16 Brüstung auf Höhe des Sängerchors



Abb. 2-109 – Booleans

Das Modellieren der Brüstung auf Höhe des Sängerchorbereiches erfolgt analog zur vorhin beschriebenen Holzbrüstung der Frauenempore. Unterschiede liegen einerseits in der Gestaltung der Ornamente und im Pfadverlauf. Ebenso handelt es sich hier um „Sweep“-Objekte. Die Ornamente werden mit den „Booleschen“ Operationen erzeugt.

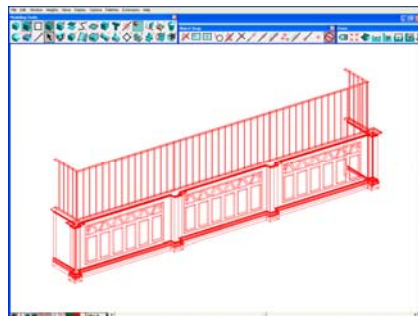


Abb. 2-110 – Brüstung Sängerchor

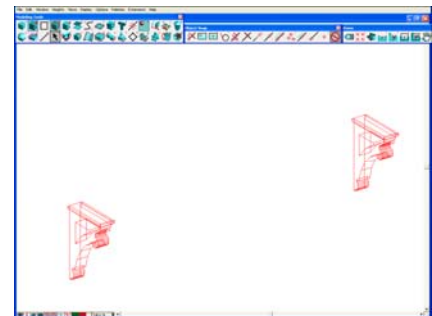


Abb. 2-111 – Unterstützung Balkon

Neben der Holzbrüstung lässt sich am Schnitt der Einreichpläne ein Metallgitter oberhalb der Brüstung erkennen. Dies diente wohl dem Dirigenten als zusätzliche Absturzsicherung. Modelliert wird dieses Metallgitter mittels „Extrusions“, die man am Pfad der Holzbrüstung ausrichtet.

Aus den Schnitten kann man ebenso ablesen, dass es unterhalb des Balkons Unterstützungen aus Holz gibt. Dabei werden zunächst die Profile aus den Plänen entnommen und in der entsprechenden

Referenzebene eingefügt. Anschließend wird dem Element die korrekte Tiefe gegeben.

2.2.17 Geländer und Abdeckung Bereich Almemor

Dem Bereich an der Ostwand der Synagoge in Währing kommt wohl die größte Bedeutung zu. Aus diesem Grund ist es bedeutsam diesen Bereich im Detail zu modellieren. Beim Geländer handelt es sich um recht filigrane Metallstrukturen.

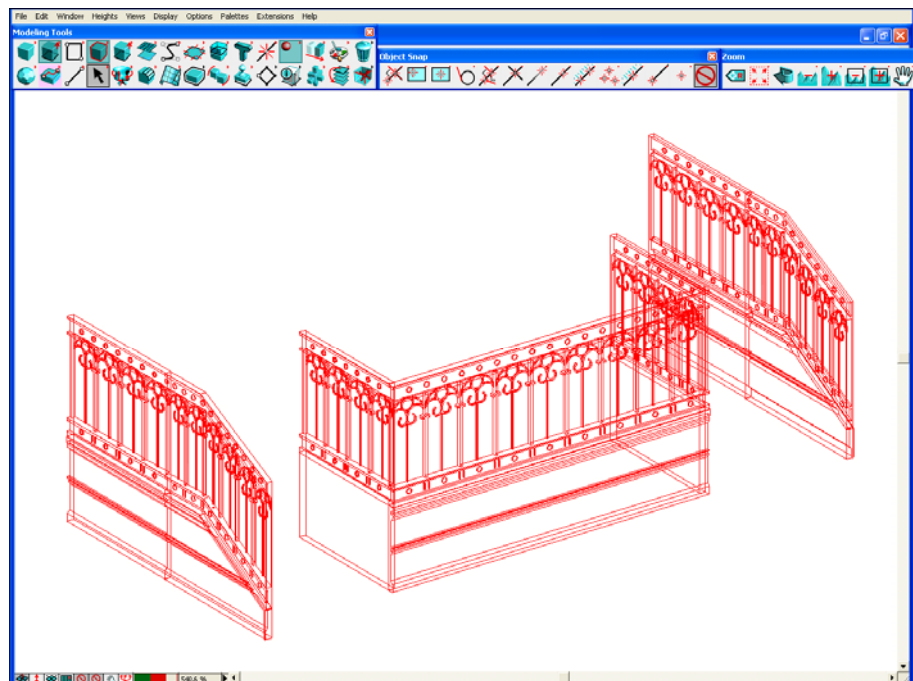


Abb. 2-112 – Geländer und Abdeckung im Bereich des Almemors



Abb. 2-113 – Derivatives 2

Das Modellieren des Metallgeländers ist ein ziemlich aufwändiger Prozess. Zunächst werden, wie bei anderen detaillierten Objekten, die Informationen aus den Ansichten und Schnitten entnommen. Hier bietet sich der Querschnitt der Synagoge als Vorlage an. Im Prinzip wird ein strukturelles Element vektorisiert und mehrfach an die entsprechenden Stellen kopiert. An den Seitenbereichen, wo der Bereich des „Allerheiligsten“ betreten wird, verläuft das Geländer schräg. Hier wird der untere Bereich (Abdeckung aus Holz) im entsprechenden Winkel abgeschnitten. Das Basiselement des Geländers folgt dabei diesem Pfad – es wird als „Sweep“ Objekt modelliert. Die strukturellen Elemente müssen dementsprechend in Höhe und Abmessung angepasst werden. Als Abschluss der umfangreichen Modellierung werden die kleinsten Elemente als „Primitives“ modelliert und am korrekten Pfad ausgerichtet.



Abb. 2-114 – Primitives

Zu beachten ist bei diesem Objekt auch, dass die bereits modellierten Objekte, wie Bodenplatte, Bodenbelag, Treppen, ect. berücksichtigt werden. So sollte es keine überlappenden Volumskörper geben.

2.2.18 Innenhaut

Wie bereits beim Modellieren der tragenden Wände und Strukturen erwähnt, besteht diese nicht aus einem einzigen Kern. Viel mehr gibt es an der Innenseite eine weitere dünne Schicht. Der Hauptgrund für das Modellieren der „Innenhaut“ ist ein mögliches späteres Texturieren. Die gängigen Softwarepakete bieten zwar häufig die Funktion, dreidimensionale Objekte mit mehreren Texturen an unterschiedlichen Seiten zu belegen – jedoch ist es sinnvoll eine eigenständige Schicht zu modellieren. Diese garantiert ein problemloses Texturieren an Innen- und Außenseite der Tragstruktur.

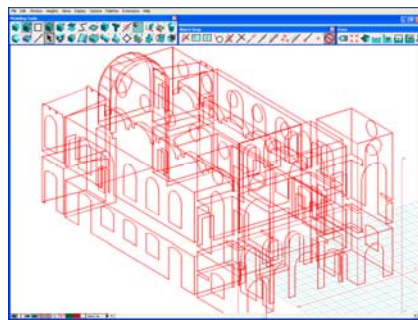


Abb. 2-115 – Innenhaut



Abb. 2-116 – Offset

Aus geometrischer Sicht handelt es sich beim Erzeugen der Innenhaut um einen „Offset“. *FormZ v5* unterstützt die Funktion, aus jedem noch so komplizierten Objekt ein Parallelobjekt zu erzeugen. So können Abstand und Stärke des neu zu erzeugenden Objektes eingegeben werden.

Ein entscheidender Unterschied zum Bauteil Außenwände liegt in der „Prioritätenfestlegung“. So ist festzuhalten, dass die Tragenden Strukturen nicht die selben Öffnungen aufweisen, als die neu erzeugten Innenschichten. Der Grund liegt darin, dass beispielsweise der Bodenaufbau direkt an die Außenwand geführt wird. Die Innenhaut hingegen wird bloß bis an die Oberkante des Bodenaufbaues gezeichnet. Dies würde dem Prinzip eines Innenputzes entsprechen. Tragende Holzbalken durchdringen die Schicht der Innenhaut, da sie in die tragenden Vertikalstrukturen eingemauert sind.

Auch ist zu betonen, dass alle Fenster und Türöffnungen durch den „Offset“ übernommen werden. Parallelfächen werden an allen tragenden Bauteilen modelliert, die innerhalb der Synagoge vorkommen.



Abb. 2-117 – Primitives

2.2.19 Außenhaut

Das Erzeugen der Außenhaut erfolgt ebenso, wie das Modellieren der Innenhaut als Parallelfäche. Fenster und Türöffnungen werden wiederum direkt aus dem Ausgangsobjekt „Außenwand“ übernommen. Der Außenhaut kommt eine besondere Bedeutung zu – darauf wird nach Abschluss des Modellierens eine Mauer- bzw. Ziegeltextrur „aufgemappt“. Es wäre nicht sinnvoll jeden einzelnen Mauerstein zu modellieren. Die Außenhaut muss ein wandumhüllendes Objekt bilden. Es gibt durchaus Stellen, an denen das Parallelobjekt dieses Kriterium erfüllt. Beispiele hierfür sind Bereiche der Ostwand auf Höhe des Daches. An diesen Stellen ist ein gesondertes Modellieren einer Außenschicht nötig. Dies kann analog zum Erzeugen einer Wand erfolgen – der Unterschied ist bloß die Schichtdicke.

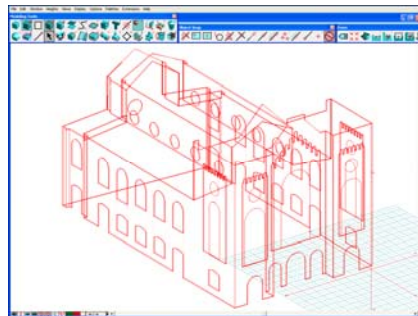


Abb. 2-118 – Außenhaut

2.2.20 Sockel

Die Aufgaben des Sockels sind unter anderem ein Schutz vor Witterungseinflüssen, Feuchtigkeit oder Spritzwasser. Des weiteren verleiht er dem Gebäude eine Massivität bzw. Stärke und bietet Schutz vor mechanischen Einflüssen.



Abb. 2-119 – Sweep



Abb. 2-120 – Cut By Line

Modelliert wird der Sockel als „Sweep“ Objekt. Dabei wandert ein Profil entlang der Außenlinie der bereits erstellten Außenhaut. Bei Eingängen bzw. Öffnungen wird das Objekt „getrimmt“.

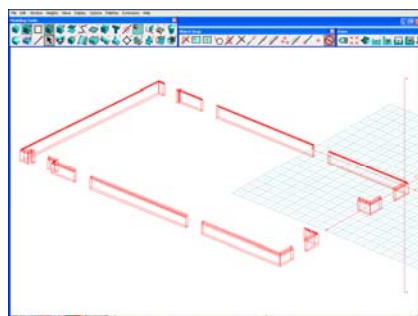


Abb. 2-121 – Sockel

2.2.21 Große Fenster



Abb. 2-122 – Sweep

Die Frontfassade der Synagoge ist die repräsentative- und die am aufwändigsten gestaltete Seite. Hier gibt es große Fensteröffnungen und zahlreiche dekorative Elemente. Die Front des Gebäudes besitzt drei große Fenster, wobei jenes in der Mitte das prächtigste darstellt. Ebenso werden auf den Seiten des Vordertraktes schmalere Großfenster modelliert. Diese sind nicht auf den Plandarstellungen abgebildet.

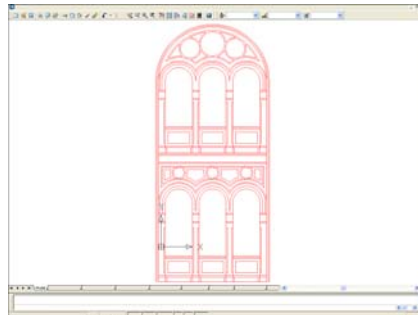


Abb. 2-123 – Frontfenster Groß

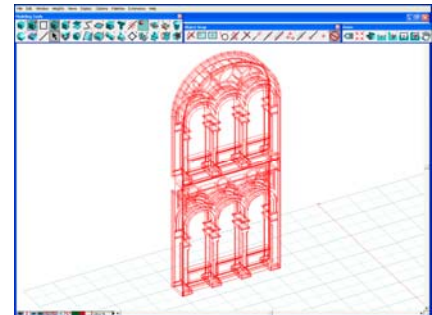


Abb. 2-124 – Fensterobjekt



Abb. 2-125 – Booleans

Auch bei diesem Bauteil bietet sich zunächst ein zweidimensionales Zeichnen an. Dabei wird die Ansicht der Einreichpläne als Grundlage verwendet. Beim Modellieren des Mittelfensters stößt man auf Konflikte hinsichtlich Höheninformationen zwischen Schnitt und Ansicht. Zum Beispiel stimmen die Höhen der Holzbalkendecke des Schnittes nicht mit den Abbildungen in der Frontansicht überein. Daher ist es notwendig, nicht strikt nach den Abbildungen in der Ansicht zu verfahren, sondern sich an die bereits modellierten Objekte (Decken) zu halten. In diesem Fall verschiebt sich der untere Teil des Fensters geringfügig nach oben – was aber keine groben Unterschiede zum handgezeichneten Mittelfenster darstellt.



Abb. 2-126 – Primitives

Aus geometrischer Sicht werden für das Erzeugen eines räumlichen Objektes unterschiedliche Funktionen und Objekttypen verwendet. Platten und Säulen sind aus „*Primitives*“ verfeinerte Objekte – Gesimse und Dekorelemente werden aus „*Sweep*“ Objekten erzeugt. Öffnungen, Vertiefungen und Erhöhungen werden mit „*Booleschen*“ Operationen modelliert. Die Mittelstücke der Fenster bestehen aus Stein; die Bildhauerarbeiten werden aus Zementguss hergestellt.

2.2.22 Fassadenelemente

Wie bereits in der Einleitung erwähnt, ist die Synagoge in Währing dem Typus mit „neoislamischen/orientalischen Elementen“ zuzuordnen. Es ist eine Mischung zahlreicher abendländischer und morgenländischer Stile

zu beobachten. Diese Dekorelemente sind vor allem an der Frontfassade bzw. am Vordertrakt des Gebäudes sichtbar.

▪ Gesimse

An der Außenhaut verlaufen nach Schnitt und Fassadenplänen zahlreiche Gesimse mit Dekor. Gesimse haben neben gestalterischen Gründen auch eine gliedernde Aufgabe. So führen sie die Geschosunterteilung nach Außen.



Abb. 2-127 – Sweep

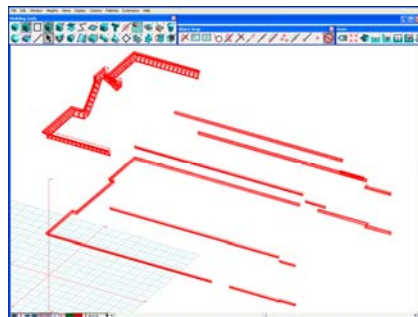


Abb. 2-128 – Gesimse Fassade

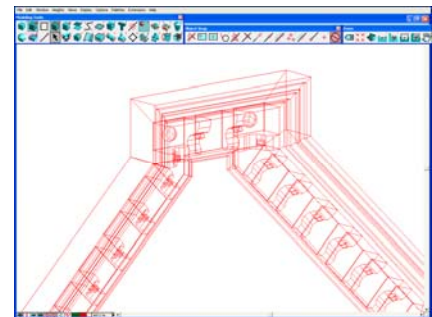


Abb. 2-129 – Fassadenelemente

Geometrisch gesehen handelt es sich bei den Gesimsen an der Außenhaut, ebenso wie bei jenen im Innenraum um „Sweep“ Objekte. Am Vordertrakt verläuft an höchster Stelle das dominanteste Element. Hier kommen zusätzliche gestalterische Elemente vor. Die Software *FormZ v5* bietet hier die Möglichkeit den einmal modellierten Stein unterhalb des Gesimses entlang des Pfades (nach Eingabe eines spezifischen Abstandes bzw. einer gewissen Anzahl von Kopien) zu vervielfältigen. Bei den Gesimsen auf Geschosniveau muss auf Öffnungen und Mauervor- bzw. Rücksprünge geachtet werden.

▪ Fensterdekor

Besonders die Elemente um die großen Fenster der Frontfassade deuten auf den Typus mit „arabischem Dekor“ hin. Über dem Mittelfenster gibt es zahlreiche Bögen, die zusammen mit einer Vertiefung in der Außenhaut einen umhüllenden Bogen darstellen.

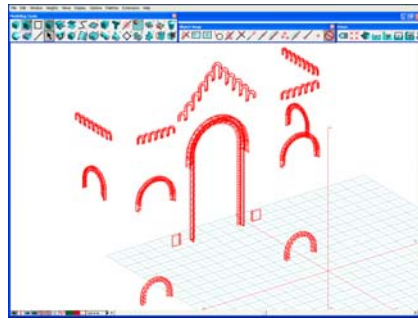


Abb. 2-130 – Dekor Fassade

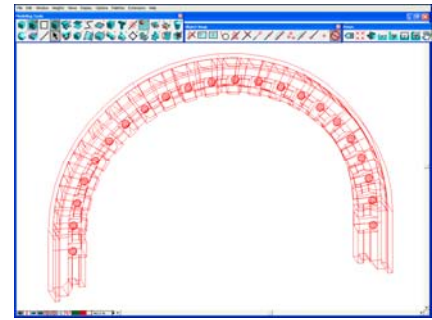


Abb. 2-131 – Dekor Fenster

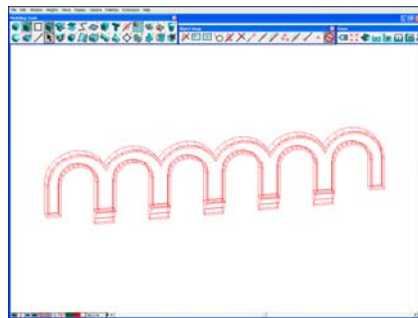


Abb. 2-132 – Fassadenelement

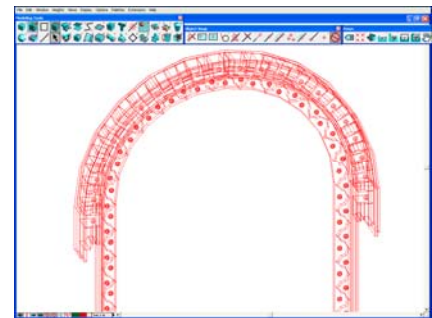


Abb. 2-133 – Dekor Fenster Groß



Abb. 2-134 – Sweep

Die Bogenelemente über den Fenstern stellen recht komplexe Geometrien dar. Es handelt sich dabei um „Sweep“ Objekte. Diese werden unter anderem mit eigens modellierten Objekten vereinigt bzw. verschnitten. Des weiteren gibt es „Primitives“, wie Halbkugeln oder Quader. Dekorelemente, wie die neben dem Mittelfenster verlaufenden Erhöhungen und Vertiefungen, werden zunächst zweidimensional gezeichnet und anschließend in der entsprechenden Referenzebene eingefügt und extrudiert. Besonders bei diesem Element ist die Komplexität der Geometrie nicht zu unterschätzen. Bei aufwändigen Datenstrukturen bietet sich ein Arbeiten in mehreren Dateien an. Diese können problemlos wieder in eine einzige Projektdatei kopiert und als Symbol in der Bibliothek abgelegt werden.

2.2.23 Dachelemente

Die Elemente auf dem Dach der Synagoge verleihen dem Bau, ebenso wie die Fassadenelemente, eine orientalische Note. Die Gestalt dieser sind klar aus der Ansicht und aus dem Schnitt ablesbar. Sie werden mit verfeinerten Quader- und Kugelobjekten erstellt. So werden in Quaderelemente Vertiefungen oder Erhöhungen eingeschnitten. Die auf den Quader aufgesetzte Kugel kann auf unterschiedliche Weisen modelliert werden. Es bietet sich ein „Revolve“ Objekt mit „Facetten“ an.

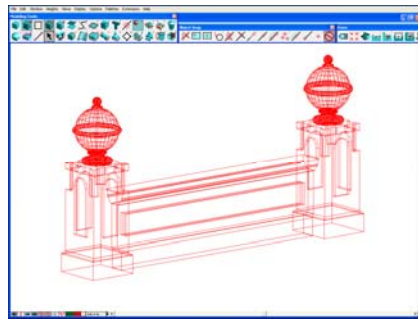


Abb. 2-135 – Dachelemente

2.2.24 Sitzbänke

Die Sitzbänke einer Synagoge sind auf Grund ihres großflächigen Platzbedarfs ein markantes Element. Dementsprechend kommt dem Modellieren dieser Objekte eine große Bedeutung zu. In den Plänen des Architekten Jakob Modern sind die Sitzbankreihen in den entsprechenden Grundrissen dargestellt. Anzahl und Dimensionen können auch aus den Plandarstellungen entnommen werden. Die Detaillösungen der unterschiedlichen Sitzbänke finden sich nicht in den Plänen wieder. Aus diesem Umstand werden Vergleichsobjekte¹³ herangezogen.

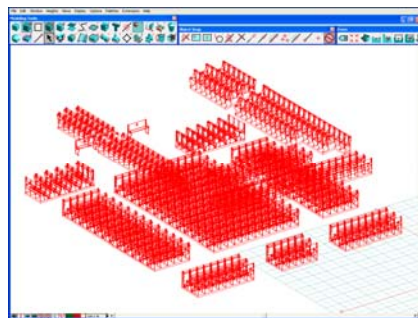


Abb. 2-136 – Übersicht Sitzbänke

¹³ Jüdische Gemeinde Bern – Virtuelle Synagoge Bern – <http://www.jgb.ch/> (Mai 2005)



Abb. 2-137 – Extrude

▪ Sitzbänke auf Höhe der Frauenempore

In der Synagoge gibt es Sitzbänke auf zwei unterschiedlichen Ebenen: Auf der Höhe der Frauenempore und auf Erdgeschoßniveau. Die Holzbänke stehen nicht direkt auf dem Bodenbelag. Es wird zunächst ein Sockel modelliert, der die Bänke etwas vom Belag abhebt.

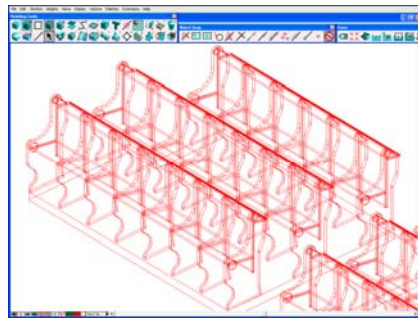


Abb. 2-138 – Sitzbänke Frauenempore



Abb. 2-139 – Booleans

Für das Modellieren der Sitzbänke sind vor allem die Seitenprofile entscheidend. Diese werden mehrfach entlang der Banklänge kopiert. Neben den Seitenprofilen gibt es eine Sitzfläche, die durch die Profile gesteckt wird – ebenso verläuft durch die Trennprofile eine Rückenlehne. Somit kann die laut Plänen vorgegebene Anzahl von Sitzplätzen berücksichtigt werden. Ein weiteres Element bei den Bänken ist eine Auflagefläche – diese verläuft hinter der Rückenlehne; auf dieser können Gebetsbücher und Ähnliches aufgelegt werden.

▪ Sitzbänke auf Erdgeschoßniveau

Auf Höhe des Erdgeschoßes gibt es die größte Zahl an Sitzplätzen. Die Bänke entsprechen im Prinzip jenen des oberen Geschoßes - auch sie sind auf einem wenige Zentimeter hohen Sockel gestellt. Neben Seitenprofilen, Trennprofilen, Sitzfläche, Rückenlehne und Ablagefläche sind je nach Situierung der Bank zusätzliche Elemente zu erstellen. Im Vergleich zum Obergeschoß gibt es auf Erdniveau keine Balkonbrüstung. Daher muss an vorderster Stelle eine abschließende Reihe modelliert werden.

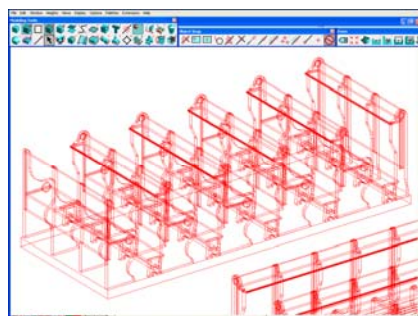


Abb. 2-140 – Sitzbänke Erdgeschoß

Des weiteren sind neben den Sitzbänken auch Objekte zum Knien bzw. Beten vorgesehen. Geometrisch handelt es sich um Extrusionsobjekte. Die hölzerne Platte wird mit Profilen abgestützt und durch eine durchlaufende Holzlatte stabilisiert.

▪ Sitzbänke im Bereich des Almemors

Im Bereich des *Almemors* gibt es nach Betrachten von Vergleichsobjekten¹⁴ kleine Sitzbänke für Kantoren oder Rabbiner. Diese können durch Editieren einer Sitzbank des Erdgeschoßes erzeugt werden. Lediglich die Abmessungen werden modifiziert. Um einen Bezug zu einer jüdischen Synagoge herzustellen, wird in die Rückenlehne eine Vertiefung als Judensternmotiv eingeschnitten – dafür werden die „*Booleschen*“ Operationen angewandt.

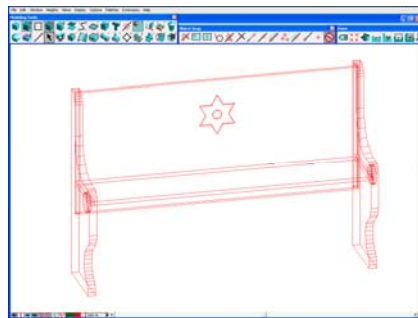


Abb. 2-141 – Sitzbank Rabbiner/Kantor

2.2.25 Beleuchtung

In der „*Allgemeinen Bauzeitung*“ von 1892 wird die genaue Anzahl und die Art der Beleuchtungskörper genannt. So gibt es nach diesem Schriftstück einen Kronleuchter im Mittelschiff der Synagoge, zwei Kandelaber beim Almemor, 21 Pendants und 24 Wandarme.

▪ Kronleuchter

Der Kronleuchter hängt im Mittelschiff und wird mit Hilfe der Innenraummalerei rekonstruiert. Betrieben werden die gesamten Beleuchtungskörper mit Gas.

¹⁴ Virtuelle Synagoge Bern – <http://www.jgb.ch/> (Mai 2005)

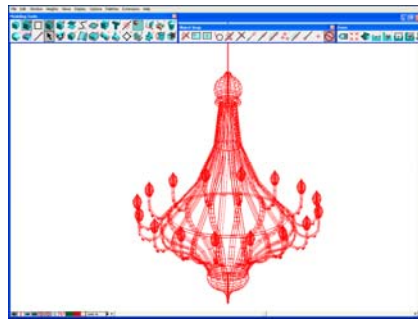


Abb. 2-142 – Kronleuchter



Abb. 2-143 – Multi Copy

Grundelemente des Kronleuchters sind die Metallstreifen, die von der oberen Metallabdeckung bis zur unteren reichen. Um die Form des oben abgebildeten Leuchters zu erzielen, werden mehrere Kopien des Metallstreifens im Kreis vervielfältigt. Oben und unten gibt es zwei Rotationsobjekte, welche die Abdeckungen darstellen. Die Leuchtkörper an sich sind ebenfalls Rotationsobjekte. Befestigt wird das Objekt über ein Zugseil, das aus geometrischer Sicht einen schlanken Zylinder darstellt. In einem späteren Arbeitsschritt kann auf dieses Objekt eventuell eine Textur von Stahllitzen gemappt werden.



Abb. 2-144 – Transform

Obwohl es den Kronleuchter bloß an einer Stelle der Synagoge gibt, ist es sinnvoll, aus den Teilelementen ein Symbol zu kreieren.

▪ Pendants

Pendants stellen neben dem Kronleuchter eine weitere Art von Beleuchtungskörper dar, welche an Zugseilen hängen. Hier gibt es wiederum keine eindeutig definierten Formen – statt dessen werden Vergleichsobjekte herangezogen. Ebenso erscheint es sinnvoll im gleichen Stil des Kronleuchters zu verfahren.



Abb. 2-145 – Revolve

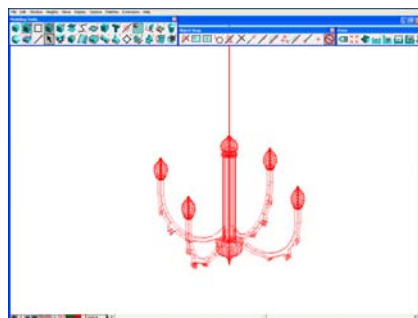


Abb. 2-146 – Pendants

Es werden vier Metallstreifen modelliert, welche die tatsächlichen mit Gas betriebenen Leuchtkörper halten. Die Metallstreifen sind an einem

Rohr befestigt; oben und unten gibt es Abdeckungen, die dem Objekt einen formalen Abschluss verleihen.

▪ Wandarme

Die Wandarme werden unter anderem im Vordertrakt der Synagoge an Wänden befestigt. Auch in den Seitenschiffen gibt es mehrere Positionen, wo Wandarme „montiert“ werden. Im Prinzip werden die Pendants als Ausgangsobjekt weiterverwendet. Lediglich hängen die Wandarme nicht an einem Zugseil, sondern sind an die Innenhaut verschraubt. Geometrisch gesehen handelt es sich beinahe um einen Pendant. Bloß wird dieser in der Mitte durchgeschnitten. Somit wird in recht wenigen Arbeitsschritten ein neues Objekt erzeugt und als neues Symbol abgespeichert.



Abb. 2-147 – Cut By Line

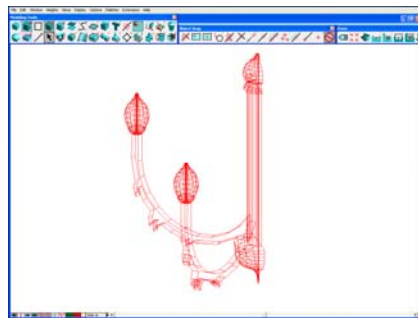


Abb. 2-148 – Wandarm



Abb. 2-149 – Revolve

▪ Menora

Die Menora ist ein bedeutendes Element jüdischer Gotteshäuser. Man nennt sie auch siebenarmigen Leuchter. Modelliert wird dieser Leuchter über einfache „Revolve“ Funktionen. Hiermit werden die Bodenplatte und der vertikale Ständer erzeugt. Drei Metallstreifen werden als „Extrusions“ modelliert. Darauf sitzen die bereits bei den anderen Leuchtkörpern modellierten Glaskörper. Um die Metallstreifen zu stabilisieren gibt es dazwischen liegende Ringe. Aus diesen Einzelementen werden wie bei den vorherigen Objekten Symbole erzeugt, welche als Bibliothekselemente jederzeit abrufbar sind.

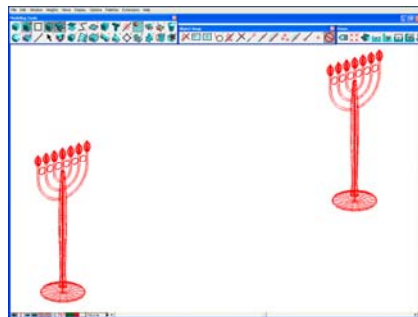


Abb. 2-150 – Menora



Abb. 2-151 – Extrusions

2.2.26 Almemor und Tisch

Zu einer Synagoge gehört neben „Menora“ und „Toraschrein“ auch der Almemor. Dieser ist im Prinzip eine Art Lese- und Lesepult. Ziel der Rekonstruktion der Synagoge in Währing ist es die gesamten Objekte selbst neu zu erstellen und auf keine Standardbibliothekselemente und Vorlagen zurückzugreifen. So werden ebenso der Almemor und ein dazu passender Tisch modelliert.

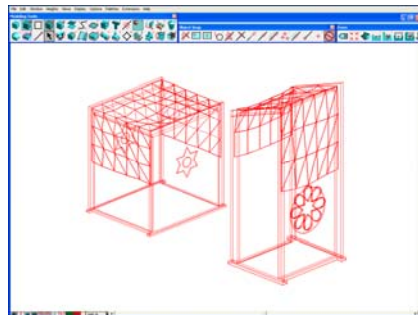


Abb. 2-152 – Almemor und Tisch

Es handelt sich dabei um hölzerne „Möbelstücke“. Anhaltspunkte sind vergleichbare Synagogen, wie jene in Bern. Es gibt eine wenige Zentimeter dicke Bodenplatte und darauf aufbauende Holzwände. Diese werden ineinander gesteckt. Auf der Vorderseite der Objekte wird aus

dekorativen Zwecken ein Judenstern bzw. ein Ornament eingeschnitten. Dies erfolgt mit „Booleschen“ Operationen.



Abb. 2-153 – Skins

Für spätere Innendarstellungen werden auch Abdeckungen des Almemos und des Tisches modelliert. Hier handelt es sich um Freiformflächen, die über Profile definiert sind. Um einen Volumskörper zu kreieren wird dieser Fläche eine geringere Stärke zugewiesen.

2.2.27 Dekor um Rundfenster innen

Nach Abbildungen in den Unterlagen der Einreichpläne und der Innenraummalerei werden um die Rundfenster (Hochfenster) Rahmen modelliert. Es handelt sich dabei um „Sweep“ Objekte. Dieses wird als Symbol in der Bibliothek abgespeichert und an die entsprechenden Stellen vor jedes Hochfenster kopiert.



Abb. 2-154 – Sweep

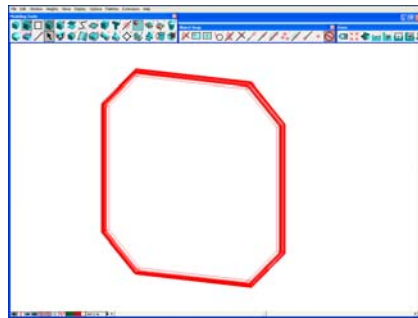


Abb. 2-155 – Dekor um Rundfenster

2.2.28 Gesimse innen

Analog zu den Gesimsen an der Außenfassade gibt es im Innenraum der Synagoge zahlreiche Gesimse. Zu unterscheiden ist primär zwischen Wand- und Deckenelementen – Gesimse bei Arkaden bzw. im Bereich des Sängorchors.



Abb. 2-156 – Sweep

Es handelt sich wie bei den restlichen Gesimsen um ‚Sweep‘ Objekte. Wichtig ist vor allem beim Modellieren der Deckengesimse, dass sich diese nicht mit anderen dekorativen Objekten oder Öffnungen überschneiden. Hierfür ist es sinnvoll, vorher entsprechende Layer einzuschalten und Höhen bzw. Abmessungen zu kontrollieren.

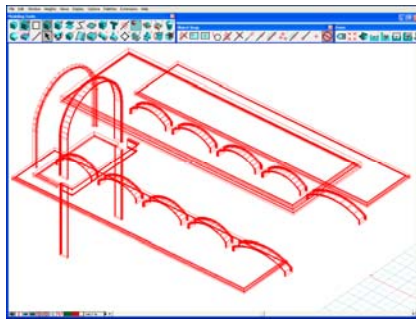


Abb. 2-157 – Gesimse Innen

2.2.29 Wand- und Deckenmalereien

Für eine photorealistische Darstellung ist es von erheblicher Bedeutung auch Malereien auf Objekte zu mappen. So werden für Deckenmalereien eigens dünne Schichten modelliert. Sie werden später mit entsprechend skalierten und entzerrten Malereien belegt und sollen für einen realistischen Raumeindruck sorgen.

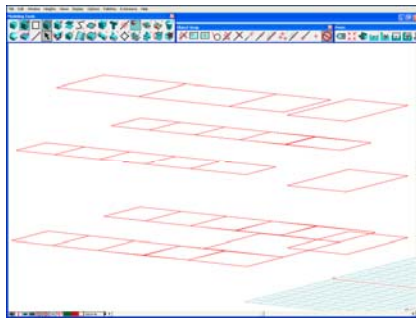


Abb. 2-158 – Deckenmalereien

2.2.30 Wand- und Deckendekor

In der Innenraummalerei ist ersichtlich, dass es neben rein flächiger Deckenmalerei auch räumliche Vertiefungen und Erhöhungen gibt. So werden zusätzlich zu den vorhin beschriebenen Malereien auch dekorative Elemente, wie Halbkugeln und Erhöhungen modelliert. Diese Elemente stellen geometrisch gesehen einfache Halbkugeln dar. Trotzdem ist an dieser Stelle zu betonen, dass besonders die zahlreichen Kopien die Datenmenge beinahe explodieren lässt. Einzelne Elemente werden dabei entlang von Innenkanten, der zu Beginn modellierten Innenhaut kopiert. Diese Halbkugeln rauhen die glatten Oberflächen etwas auf und sorgen für zusätzlichen Reichtum an Dekor. Auch in Bereichen des Vordertraktes, wie Sitzungsraum oder Kanzlei, werden Dekorelemente und Malereien erstellt.

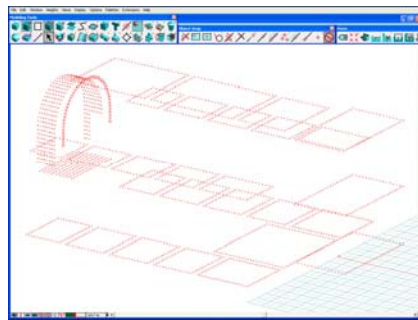


Abb. 2-159 – Dekor Übersicht

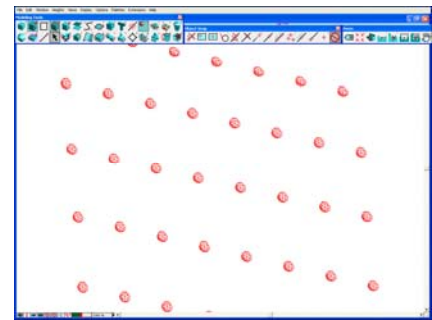


Abb. 2-160 – Dekor Detail

2.2.31 Toraschrein

Der wohl bedeutendste Bereich einer Synagoge befindet sich an der Ostseite des Gebäudes. Bei der Währinger Synagoge besteht die Bundeslade aus Föhrenholz und ist in weißer Ölfarbe gestrichen. Die Heilige Lade stellt hohe Ansprüche an das Modellieren. Es kommen zahlreiche Verzierungen und Ornamente vor. Das Erstellen dieser Einzelobjekte ist für eine photorealistische Abbildung recht wichtig.

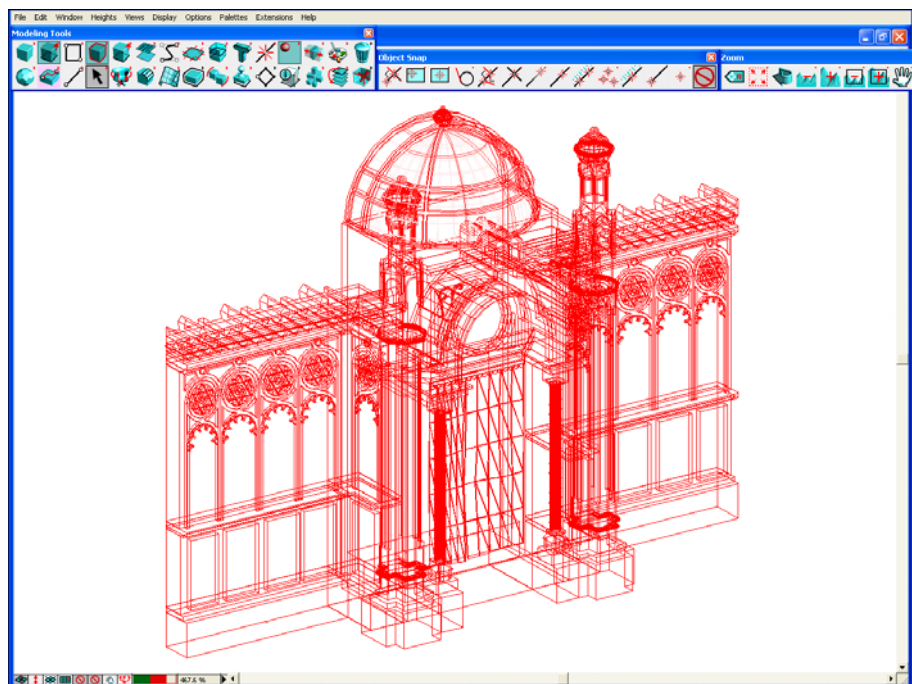


Abb. 2-161 – Toraschrein



Abb. 2-162 – Helix

Neben der Bundeslade gibt es reichlich dekorierte Wände. Dieser Dekor wird zuerst zweidimensional erarbeitet und anschließend eingefügt, und als Vertiefung bzw. Erhöhung in das Wandelement eingeschnitten. Die Säulen der Bundeslade sind analog zu den Säulen des Mittelschiffes zu erstellen. Lediglich formale Unterschiede und

Abmessungen sind zu berücksichtigen. Die Türmchen über den Säulen weisen Ähnlichkeiten zu den Dachelementen auf und können wie diese modelliert werden. Entlang der kleinen Säulen der Bundeslade wird ein spiralgewundenes Objekt erstellt. Vertiefungen und Erhöhungen werden mit „*Booleschen*“ Operationen erstellt. Der kuppelförmige Abschluss wird mit einem „*Offset*“ erzeugt. Als Abdeckung des „*Allerheiligsten*“ wird ein Vorhang modelliert. Dies geschieht mit einer polygonierten Freiformfläche.

2.2.32 Zaun



Abb. 2-163 – Extrude

Neben den Objekten, die direkt mit der Synagoge in Verbindung stehen (Wandelemente, Decken, Stützen, ect), gibt es ebenso Elemente der Umgebung. Unter diese Kategorie fällt auch das Modellieren von Einfriedungen oder Nachbarbauten.

Die Darstellung des Grundrisses auf Erdgeschoßniveau zeigt, dass die Fassadenfront der Synagoge nicht direkt nach Außen gezeigt wurde. Es existierte ein Vorbau – ein Vorderhaus (Haus mit maximal 1 – 2 Geschossen). Somit gab es einen kleinen Innenhof, der wahrscheinlich über einen abgrenzenden Zaun zu betreten war. Der unten abgebildete Zaun stellt bloß eine Variante einer Abgrenzung dar.

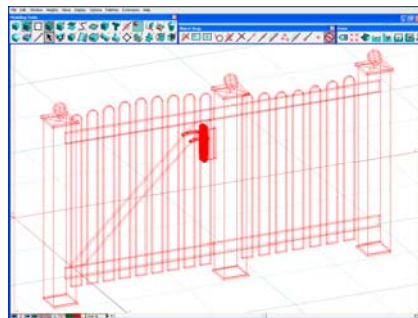


Abb. 2-164 – Zaun

Das Erzeugen der Geometrie beruht im Prinzip auf „*Extrusions*“ Objekten. Die abtrennenden vertikalen Holzlatten werden mehrfach an die entsprechenden Stellen kopiert und in Höhe und Dimension verändert. Diese sind an Horizontallatten befestigt – diese wiederum an den massiven Holzpfosten. Die Pfosten stehen auf einer Metallplatte; sie sind mit einer dekorierten Platte abgedeckt. Der Bereich der Tür wird zusätzlich mit einer diagonalen Verstrebung ausgesteift.

2.2.33 Umgebung

Die Nachbarbauten sind vor allem für ein späteres Rendern einer Außenszene von großer Bedeutung. Sie werden nicht bis ins Detail modelliert. Hier reicht es aus, jeden Gebäudeblock als Quader zu erzeugen – darauf wird ein Dach aufgesetzt.



Abb. 2-165 – Primitives

Neben den Nachbarbauten werden ebenso der Gehsteig und die Schopenhauerstraße modelliert. Diese Objekte stellen zusammen mit der Synagoge die Gesamtszene dar. Hauptelement ist dabei das jüdische Gotteshaus.

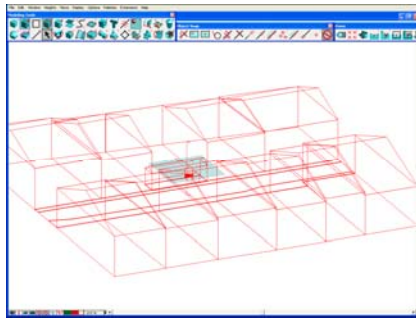


Abb. 2-166 – Nachbargebäude

3 Texturieren und Rendern der Gesamtszene

Im vorigen Abschnitt wurde die gesamte Szene modelliert. Nun besteht die Möglichkeit, die erstellte Geometrie als Basis für weitere Zwecke, wie Visualisierungen, Simulationen, Animationen, ect. zu verwenden. In diesem Kapitel wird das Texturieren und Rendern von Innen- und Außendarstellungen behandelt. Dabei wird die Software *Cinema 4D v9* von *Nemetschek* verwendet. Dieses Programm zeichnet sich vor allem durch die leistungsfähige *Renderengine* und die benutzerfreundliche Handhabung und Strukturierung von Objekten aus. Es besteht ebenso die Möglichkeit, die Szene mit der Software *FormZ v5* zu rendern.



Abb. 3-1 – Photorealistische Außendarstellung (ohne Vorderhaus)

3.1 FormZ v5: Export der Geometrien

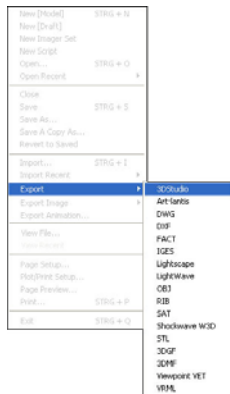


Abb. 3-2 – Export

Zuerst werden die erstellten Objekte layerspezifisch exportiert und in einzelnen Dateien abgespeichert. Für einen Export bietet sich das Format **.3ds* an. Dies stellt ein Standardformat im geometrischen Datenaustausch räumlicher Daten dar. Exportiert werden die über den Menüpunkt „File Export“.

Durch das Exportieren der Daten im **.3ds* – Format werden lediglich die Geometrien der modellierten Objekte übernommen. Alle Parametrisierbaren Eigenschaften der einzelnen Objekte oder Symbole gehen dabei verloren. Für ein Erstellen von Renderings ist dies jedoch vollkommen ausreichend. Falls Änderungen am Modell vorgenommen werden, sollte stets das Original Dateiformat verwendet werden (im vorliegenden Projekt das Format **.fmz* der Software *FormZ v5*).

3.2 Cinema 4D v9: Import der Geometrien



Abb. 3-3 – Import

Beim Import muss stets auf ein fehlerfreies Einfügen der Objekte geachtet werden. Falls Objekte beispielsweise fehlerhaft oder korrupt importiert werden, sollte ein anderes Dateiformat für den Export der Daten aus *FormZ v5* verwendet werden (z.B. **.obj* oder **.dxf*).

Des weiteren ist zu betonen, dass die gesamten Objekte beim Import polygoniert werden. Das bedeutet, dass Kreise z.B. zu Polygonen werden oder Splines zu Segmentkurven. Dies hat den Vorteil, dass die Datenmenge kleiner wird (das *FormZ v5* File enthält wesentlich mehr Informationen als die exportierte 3D Studio Datei).

Die abgespeicherten Dateien werden nun einzeln in ein neu erstelltes *Cinema 4D v9* Projekt eingelesen. Dabei wird jeder Layer einzeln importiert. Dies hat den Vorteil, dass die gesamte Layerstruktur des Originalformates übernommen wird. Des weiteren besteht die Möglichkeit eine hierarchisch aufgebaute Objektstrukturierung vorzunehmen. So können einzelne Objekte gemeinsam zu einer Gruppe zugeordnet werden.

Neben der Übersichtlichkeit und der Organisation der Datenmenge ist das Ordnen der Objekte nach dem hierarchischen Prinzip besonders für ein späteres Texturieren und Animieren der Gesamtszene bedeutend.

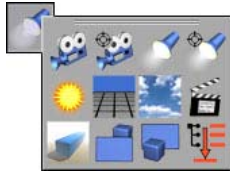


Abb. 3-5 – Lights

3.2.1 Beleuchtung und Kameraposition

Nachdem allen Objekten Materialien zugewiesen wurden, können erste Renderversuche gemacht werden. Hier bietet sich für die Ausgabe des Renderbildes eine geringe Auflösung an. Hohe Auflösungen verursachen hohe Rechenleistungen – Bilder mit geringer Auflösung benötigen weniger Speicherplatz und sind relativ schnell erstellt. Für ein späteres Erzeugen detaillierter Bilder empfiehlt es sich, höhere Auflösungseinstellungen zu verwenden.



Abb. 3-6 – Editor

Des weiteren sollte vor Beginn des Renderprozesses ein Betrachtungsstandpunkt gewählt werden. Dies erfolgt durch das Erstellen von Kameraobjekten. Dabei wird ein Stand- und ein Zielpunkt definiert. Ebenso werden Projektionsart, Brennweite, Gesichtsfeld und Bildgröße eingestellt. Wie bei den restlichen Objekten können auch Kameraobjekte nach dem hierarchischen Prinzip sortiert und benannt werden. Es bietet sich an, mehrere Kameraobjekte zu erzeugen und gesondert im Objektmanager abzulegen.

Werden keine Lichtquellen erzeugt, so verwendet die Software standardmäßig eine frontale Parallelbeleuchtung. Für Testversuche reicht diese Beleuchtung vollkommen aus. Beim Erstellen realistischer Renderbilder sollten jedoch neue Lichtquellen erstellt werden.

Bei Außendarstellungen wird bevorzugterweise eine Umgebungsbeleuchtung gewählt; hier kann zusätzlich eine Parallelbeleuchtung als Sonnenobjekt eingefügt werden. Je nach gewünschter Helligkeit bzw. gewünschtem Schattenwurf können auch spezifisch positionierte Punktlichtquellen mit unterschiedlicher Leuchtstärke gesetzt werden.



Abb. 3-7 – Editor

Für Renderbilder, die den Außenbereich abbilden, ist neben Kamera-, Licht- und Materialeinstellungen auch das Erstellen eines Himmelobjektes wichtig. Je nach gewünschten Effekten können bewölkte oder wolkenlose Texturen verwendet werden. Es erfolgt im Prinzip ein Mappen der Himmeltextur auf ein Kugelobjekt. Um ein gewünschtes Renderbild zu kreieren, ist manchmal mit unterschiedlichen Lichteinstellungen zu experimentieren. Es ist sinnvoll, Objekte, die nicht von der Kamera erfasst werden, auszublenden.

Häufig werden für Präsentationszwecke auch dreidimensionale Schnitte erzeugt. Dabei kann das Generieren des Schnittes entweder im bereits exportierten Modell oder im Originalfile erfolgen. Es sollte das passende Programm gewählt werden.

3.2.2 Materialien und Texturen

Nach dem Einlesen aller Objekte in *Cinema 4D v9*, kann im Prinzip mit dem Texturieren und Zuweisen von Materialien begonnen werden. Dabei können sowohl Materialien der Basisbibliothek verwendet werden oder Materialien selbst erstellt werden. Vor der Vergabe von Materialien und Texturen ist es notwendig die gesamten Objekte hierarchisch zu trennen. Zumindest sollte jedes Objekt, das eine gesonderte Oberfläche oder Textur aufweist, auf einer eigenen Ebene im Objektmanager zu finden sein.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Objektmanager mit den bereits zugewiesenen Materialien. Im blau umrahmten Rechteck befindet sich der Materialmanager der Szene. Hier sind die Basis Materialien dargestellt. Auf der rechten Seite werden den einzelnen Objekten und Objektgruppen die Materialien mit den entsprechenden Eigenschaften zugeteilt.

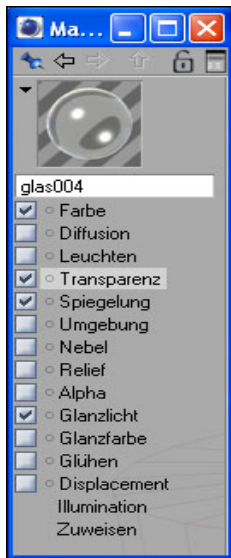


Abb. 3-8 – Editor

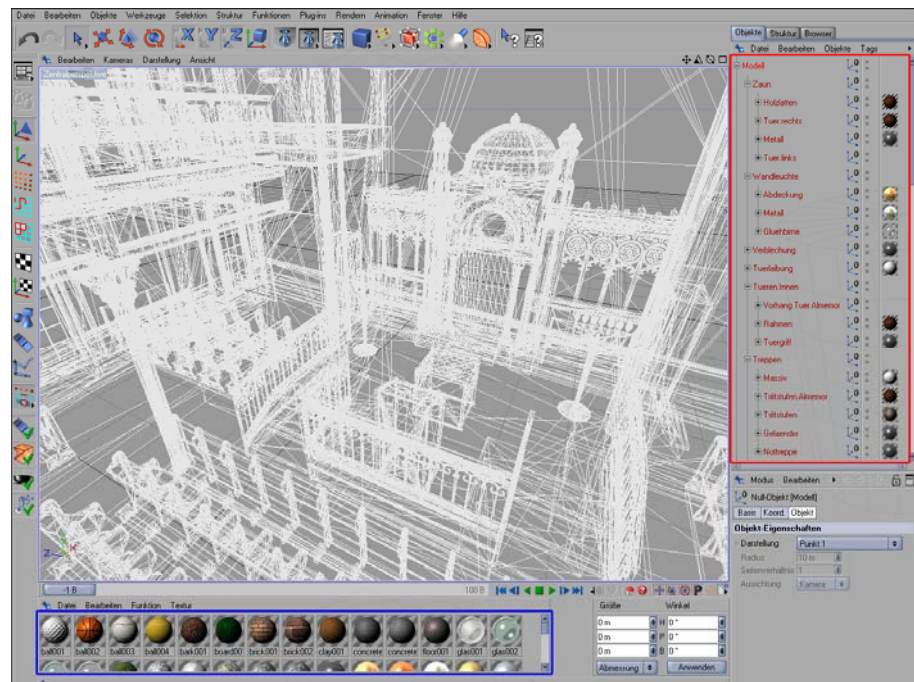


Abb. 3-9 – Objektmanager – Materialmanager

Bei der Zuweisung von Materialien sind die Projektionseigenschaften besonders wichtig. Diese Einstellungen entscheiden, ob eine Textur realistisch wirkt oder nicht. Dabei gibt es beim Projektionsgitter mehrere Möglichkeiten – *Kugel*-, *Zylinder*-, *Fläche*-, *Quader*-, *Frontal*-, *Spat*-, *UVW*- und *ShrinkMapping*. Besonders die ersten kommen öfters zur Anwendung. Die Wahl des Projektionsgitters hängt lediglich von der Geometrie des zu mappenden Objektes ab – auf eine Kugel wird eine Textur mit einem Kugel-Projektionsgitter abgebildet.

▪ Erstellen eigener Texturen

Für bestimmte Bauteile reichen oft die Standardtexturen der CAD Programme nicht aus. Hierzu ist es notwendig, selbst passende Texturen zu erstellen. Beim Texturieren des Synagogeninnenraumes stellen Malereien an Wänden und Decken Sonderfälle dar. Um keine Verfälschung zu bewirken, ist es recht wichtig, bei der Suche nach Malereien die „richtige“ Wahl zu treffen. Es gibt prinzipiell mehrere Möglichkeiten diese Texturen zu erstellen: Entweder man greift auf Scanbilder anderer Vergleichsobjekte zurück oder man fertigt von Grund auf eigene Texturen an.

Für ein effizientes Arbeiten bieten sich vor allem Scanbilder an. Dabei ist vor allem deren Auflösung und Qualität zu beachten. Auflösungen unter 150dpi sollten für hoch auflösende Renderings nicht verwendet werden. Auch ist die Farbqualität zu beachten.

Falls passende Abbildungen nicht die erforderlichen Eigenschaften aufweisen, sollte diese neu rekonstruiert werden. Dabei wird zunächst die reine Geometrie rekonstruiert (2D Vektorisieren). Das Bild sollte vorher entzerrt bzw. in wahre Größe gebracht werden. Darauf erfolgt das Füllen mit Farben bzw. mit entsprechenden Mustern – hierzu kann auf andere Scans zurückgegriffen werden. Anschließend ist es wichtig, das Bild auf die jeweiligen Abmessungen der Bauteile anzupassen.

Um möglichen Problemen oder Verzerrungen aus dem Weg zu gehen, sollten einzelne Bauteile des virtuellen Modells, auf welche die zuvor erstellten Texturen aufgemappt werden, erstellt werden. So gibt es beispielsweise Unterteilungen der Deckenuntersicht im Seitenschiff oder Unterteilungen der Wandflächen (je nach Texturen). So können auf einfache Weise Fehler vermieden werden.

Um die Authentizität der Materialien nicht zu verlieren, sollte ein Material (z.B. Innenputz) mit den passenden Eigenschaften (wie Rauheit, Spiegelung, ...) als Grundlage verwendet werden. Es wird lediglich ein zusätzliches Bitmap auf die Oberfläche gemappt. Die Struktur des Materials geht dabei jedoch nicht verloren.

Die folgenden Abbildungen sind selbst erstellte Texturen von Wand- und Deckenmalereien. Dabei werden einerseits Scanbilder aneinandergereiht bzw. zusammengefügt – ebenso werden einzelne Malereien gänzlich selbst erstellt.



Abb. 3-10 – Befehlspalette

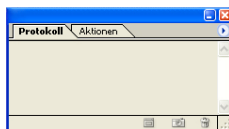
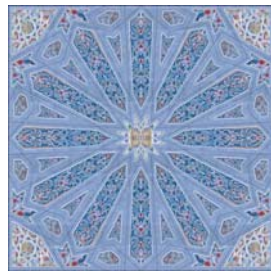


Abb. 3-11 – Protokoll



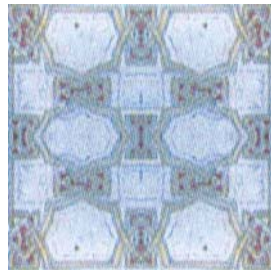
Deckenmalerei Mittelschiff



Deckenmalerei Seitenschiff



Deckenmalerei



Deckenmalerei

Abb. 3-12 – Deckenmalereien

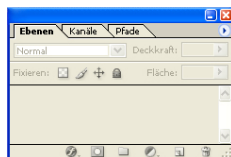


Abb. 3-13 – Ebenen

Die Deckenmalerei des Mittelschiffes wird selbständig erstellt. Der Grund ist jener, dass das Aquarell der Innenansicht Informationen über die Geometrie – über Ornamente und Kontraste liefert. Teilbereiche und Füllflächen sind Scanbilder. Die anderen Malereien sind reine aufbereitete Scans.

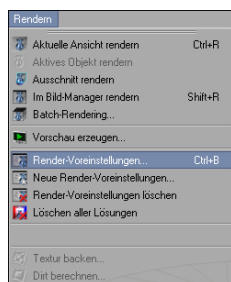


Abb. 3-14 – Rendern

Grundlage für die verwendeten Malereien des Synagogeninnenraumes sind Malereien der Berliner Synagoge der Oranienburger Straße¹⁵, der Breslauer Synagoge¹⁶ und Abbildungen der Wandmalerei der Synagoge in Aschaffenburg¹⁷ (*Quellmaterial siehe Anhang*).

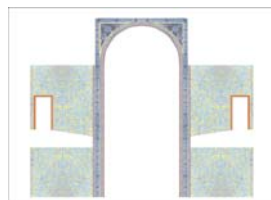


Abb. 3-15 – Wandelement



Abb. 3-16 – Wandelement



Abb. 3-17 – Wandelement

¹⁵ Schwarz, Hans Peter (1988). Die Architektur der Synagoge. Stuttgart. Ernst Klett. S. 209 (Abb. 234 Berlin, Synagoge Oranienburger Straße. Innenraumstudie)

¹⁶ Schwarz, Hans Peter (1988). Die Architektur der Synagoge. Stuttgart. Ernst Klett. S. 227 (Abb. 244b Breslau, Synagoge. Längsschnitt (Apsis nicht ausgeführt). Um 1870. Architekt: E. Oppler.)

¹⁷ Schwarz, Hans Peter (1988). Die Architektur der Synagoge. Stuttgart. Ernst Klett. S. 245 (Abb. 258 Aschaffenburg, Synagoge. Um 1890. Entwurf für die Wandgestaltung.)

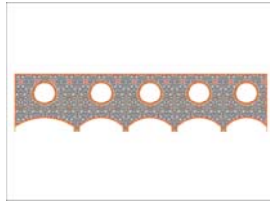


Abb. 3-18 – Wand Arkaden



Abb. 3-19 – Decke Mitte



Abb. 3-20 – Decke Seite

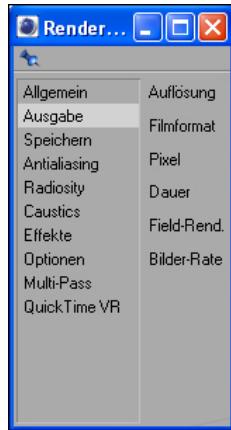


Abb. 3-21 – Einstellungen

Die nachfolgenden Abbildungen und räumlichen Schnitte wurden in *Cinema 4D v9* erzeugt.

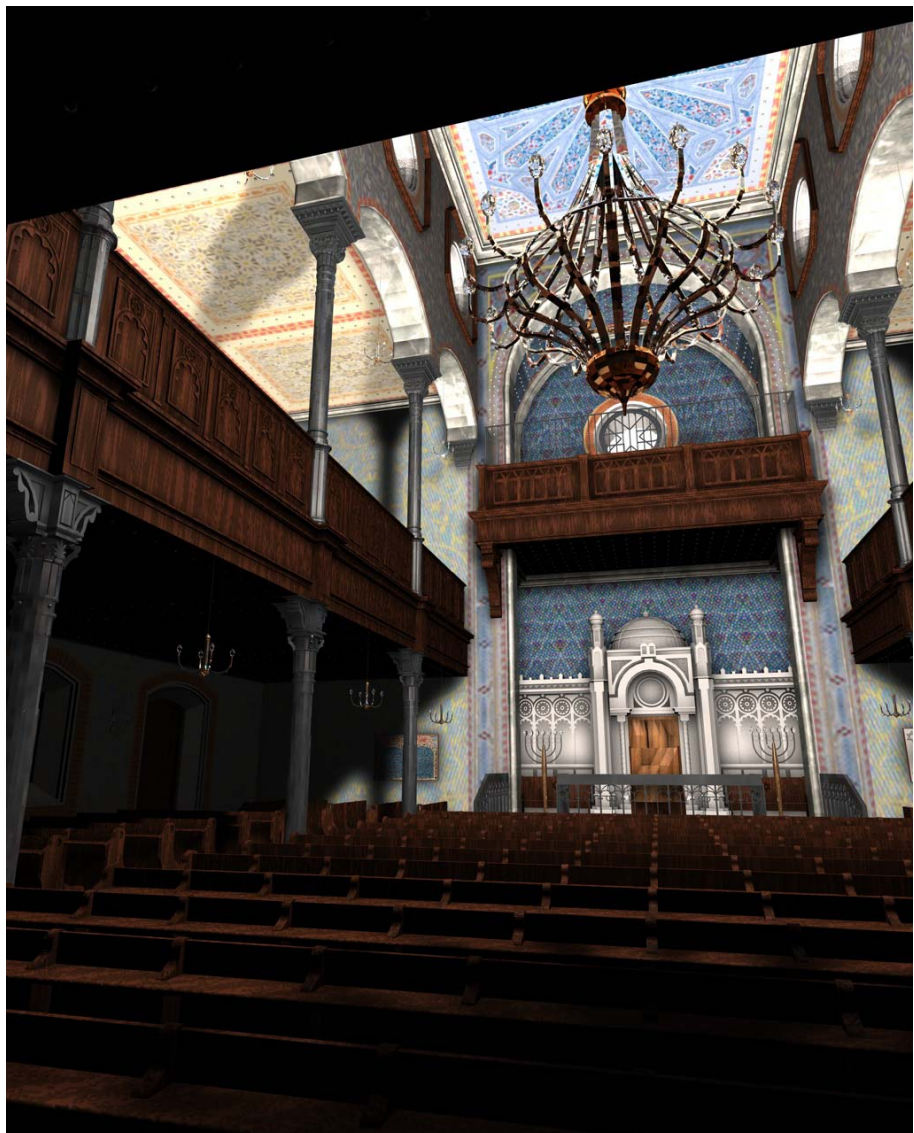


Abb. 3-22 – Innenraumdarstellung mit Wand- und Deckenmalereien



Abb. 3-23 – Innenraum ohne Maler.

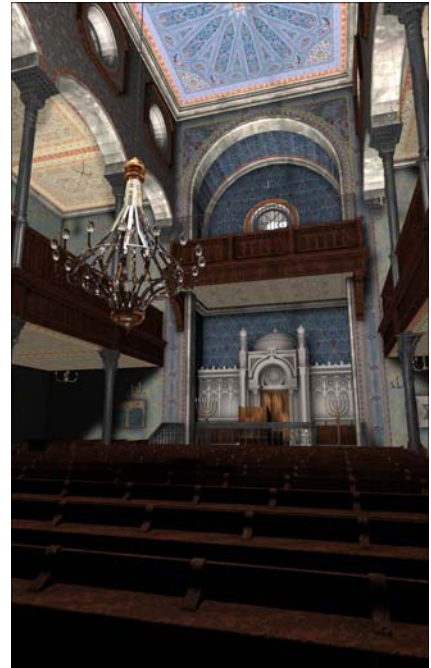


Abb. 3-24 – Innenraum mit Maler.



Abb. 3-25 – Innenraum Rendering



Abb. 3-26 – Innenraum Original



Abb. 3-27 – Innenraum – Blick nach Toraschrein – ohne Malereien



Abb. 3-28 – Innenraum – Blick nach Toraschrein – mit Malereien



Abb. 3-29 – Blick nach unten – ohne Malereien



Abb. 3-30 – Blick nach unten – mit Malereien



Abb. 3-31 – Blick nach unten – o. M.



Abb. 3-32 - Blick nach unten – m. M.

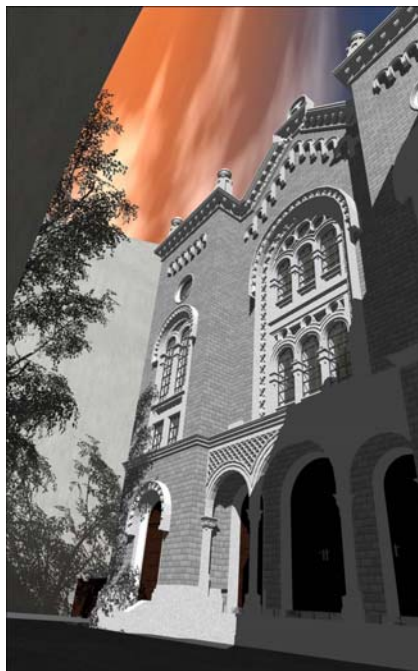


Abb. 3-33 – Außendarstellung – von Vorderhaus nach Frontfassade

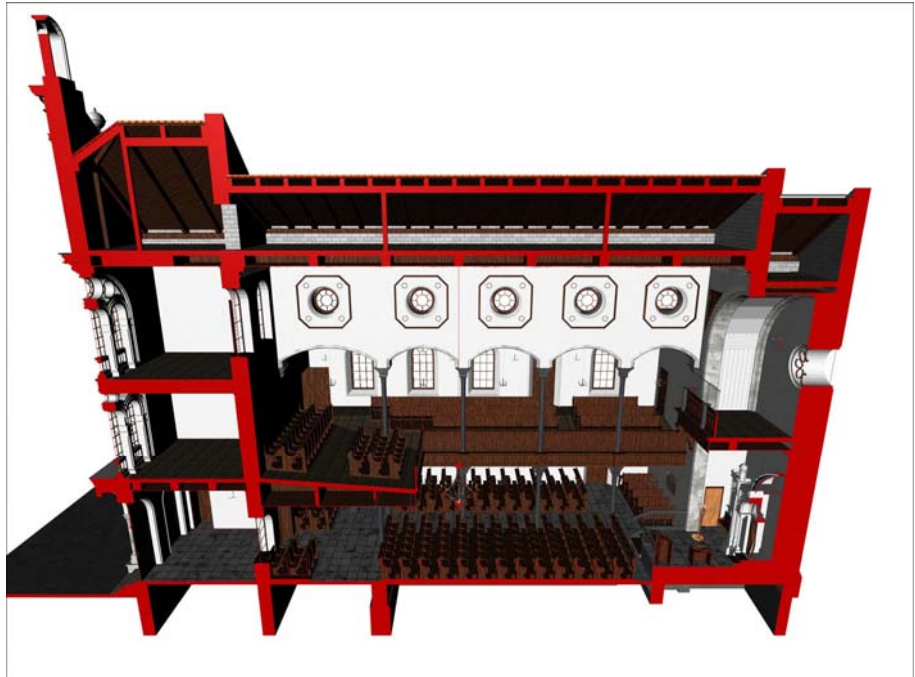


Abb. 3-34 – räumlicher Längsschnitt – ohne Malereien

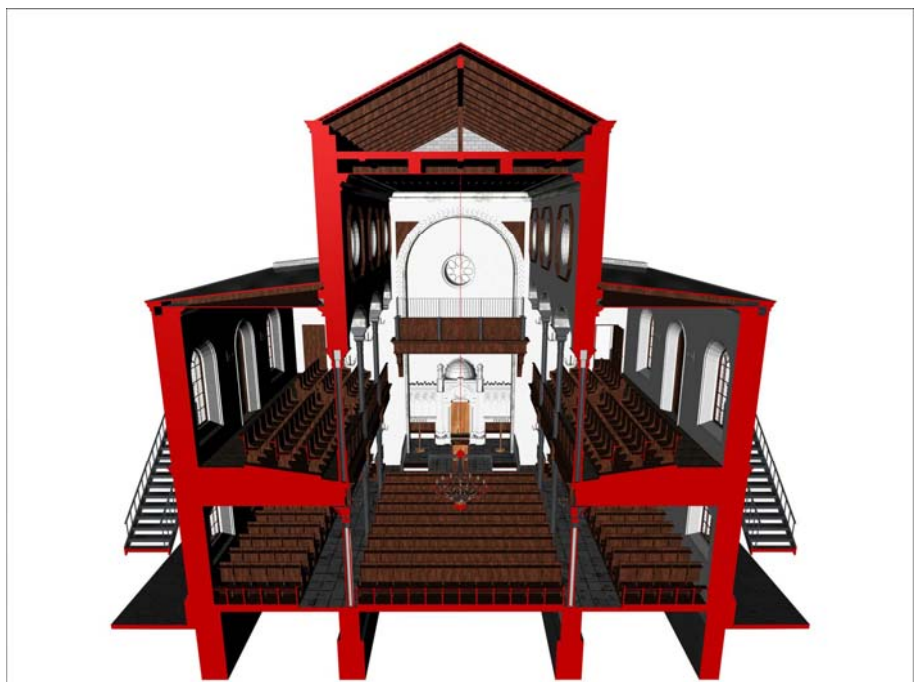


Abb. 3-35 – räumlicher Querschnitt – ohne Malereien

4 Erstellen eines Kurzfilms mit animierten Objekten

Computergenerierte Filme stellen wohl die attraktivste Form der Präsentation eines *Virtuellen Gebäudes* dar. Das Erzeugen eines Filmes aus CAD-Daten stellt vor allem hohe Ansprüche an die Rechenleistung des Computers. Im vorliegenden Projekt werden neben dem Kameraobjekt auch verschiedene Bauteile animiert. Des weiteren ist es ein Ziel, die Raumwirkung und -Stimmung in der Synagoge im Film wieder aufleben zu lassen. Es werden Lichtobjekte animiert, Soundeffekte eingebaut und realitätsnahe Materialien verwendet.

4.1 Vorbereitung

Als Grundlage für ein Erstellen eines Filmes dient die in Kapitel 3 erzeugte und mit Materialien bestückte Szene. Der Unterschied zum Rendern von Einzelstandbildern ist jener, dass bei einem Film nicht bloß ein Ausschnitt (Standbild) relevant ist – viel mehr ist eine ganze Reihe von Bildern von Bedeutung. D.h. es treten zahlreiche Objekte in Erscheinung und müssen dementsprechend mit passenden Texturen versehen werden.

Zunächst wird der Ausschnitt, welcher verfilmt werden soll, festgelegt. D.h. es wird eine Start- und eine Zielposition des Kameraobjektes definiert. Des weiteren sind die Dauer des Filmes und die Länge der Kamerafahrt von grundlegender Wichtigkeit – diese müssen zu Beginn eingestellt werden.

Normalerweise laufen bei einem Film 25 Bilder pro Sekunde ab. Das bedeutet, dass bei einer Filmlänge von einer Minute 1500 Bilder zu rendern sind. Je nach Auflösung und Komplexität der Geometrie kann dies zu langen Rechenprozessen führen. Vor dem endgültigen Fertigen des Filmes ist es sinnvoll mehrere Proberenderings an unterschiedlichen Stellen zu erzeugen.

Um das Auge des Betrachters nicht zu strapazieren, ist es empfehlenswert mehrere Bewegungspausen in den Film einzufügen. In diesen Pausen kann der Beobachter beispielsweise Details besser wahrnehmen oder dessen Auge auf bestimmte Bauteile lenken.

Die Ausgabegröße der zu erstellenden Animation ist je nach Verwendungszweck unterschiedlich. Wird der Film für *Offlinemedien* (z.B. Fernsehgeräte) produziert, so bietet sich beispielsweise die europäische Norm für Fernsehauflösungen mit einer Bildrate von 25

Bildern pro Sekunde an (Auflösung: 768 x 576 PAL). Bei *Onlinemedien* (Betrachtung am Monitor) werden Bildgrößen von 480 x 360 bis 800 x 600 verwendet. Höhere Auflösungen verursachen meist ein Ruckeln im Bild. Für Publikationen auf Webseiten bieten sich kleinere Bildgrößen an; Bildraten unter 18 Bilder pro Sekunde sind zu vermeiden.

Bei der Ausgabe des Filmes gibt es prinzipiell zwei unterschiedliche Möglichkeiten. Die erste Variante erstellt selbständig eine zusammenhängende Animation – wobei Parameter eingestellt werden müssen. Bei der zweiten Möglichkeit werden Einzelbilder ausgegeben. Das bedeutet, dass man nach Fertigen der gesamten Bildserie diese mit einer Videobearbeitungssoftware zu einem vollständigen Film zusammenfügen muss. Der Vorteil in dieser Methode liegt darin, dass man jederzeit den Rechenprozess abbrechen und nach Belieben beim nächsten Bild fortfahren kann. Auch lassen sich fehlerhafte Bildserien erkennen und eventuell durch korrigierte austauschen.

4.2 Animieren der Szene

In den Kapiteln 2 und 3 wurde die Basis für das Erstellen eines Filmes gelegt. Wie für das Rendern von Einzelstandbildern, wird beim Animieren die Software *Cinema 4D v9* verwendet. Grundlage für bewegte Bauteile und Objekte ist das hierarchische Prinzip des Objektmanagers. In diesem werden Objekte in Untergruppen gegliedert und je nach Wunsch in ihrer Position und Größe verändert.

Der erste Schritt nach Treffen der Vorbereitungen ist die Definition der Kamerafahrt. Diese wird mit einer durch Koordinaten festgelegten „Spline“ vollzogen. Ein Kameraobjekt wird nun an die Kurve ausgerichtet, wobei Anfang- und Endpunkt der Kamerafahrt durch den Pfad bestimmt werden. Brennweite, Neigung und Ausrichtung der Kamera sind je nach Wunsch einzustellen. Anzumerken ist dabei, dass eine spannende Kamerafahrt durch feines Editieren dieser Parameter erzielt werden kann. Bevor mit Einstellungen an Kamera und anderen Objekten begonnen wird, sollte eine Art „Storyboard“ verfasst und genau „Regie geführt“ werden. So wird beim vorliegenden Projekt festgelegt, dass der Ausgangspunkt der Kamera vor der Synagoge liegt.

- *Der Blick der Kamera zielt auf die gesamte Fassadenfront des Gebäudes und wendet sich darauf langsam dem Eingangsportal zu. An dieser Stelle werden die ersten Objekte animiert – die großen, hölzernen Türen öffnen sich, und die Kamera bewegt sich in den Vorraum des Gotteshauses. Hier*

ändert sich die Lichtstimmung und die ersten Soundeffekte ertönen. Das Kameraobjekt folgt dem Pfad in den Seitentrakt über die Treppen in den Sitzungssaal des obersten Geschoßes. Über das Mittelfenster zielt die Kamera vom höchsten Punkt der Synagoge in das Erdgeschoß auf das Allerheiligste. Aus dieser Perspektive werden modellierte Details betrachtet – eine erste Bewegungspause wird eingefügt. Nun schwebt die Kamera durch das Mittelfenster in das Mittelschiff und bewegt sich langsam unter Betrachtung der Wandmalereien, Frauenemporen und anderer Details nach unten. Einem betenden Gläubigen gleichkommend, befindet sich das Kameraobjekt auf Höhe der Sitzreihen im Erdgeschoß. Hier wird nun ein Ausschnitt einer Feier mit akustischen- und lichttechnischen Effekten nachgestellt. Das Ende des Filmes wird durch das Verlassen des Gläubigen (mit ständigem Blick auf das Allerheiligste) aus der Synagoge vollzogen. Sound-, Licht- und Texturanimationen unterstützen die Präsentation in jeder Phase.

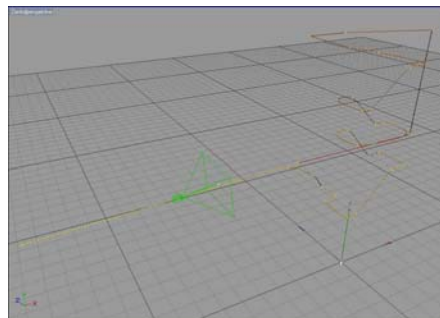


Abb. 4-1 – Animierte Kamerapositionen

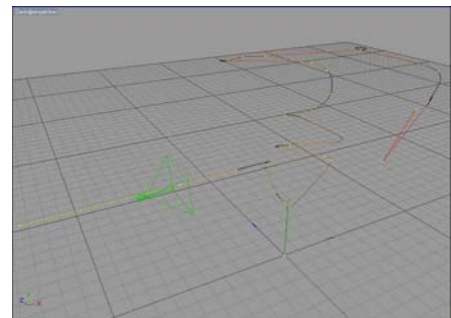


Abb. 4-2 – Animiertes Kameraziel

Für jede Animation ist der Gebrauch einer Zeitleiste bedeutend. In dieser sind alle Objekte (analog zum Objektmanager) aufgelistet. „Die Zeitleiste stellt ein Werkzeug dar, mit dem man den gewünschten Elementen in seiner Zeichnung bestimmte Animationseigenschaften (Position, Winkel, ect.) zuordnen kann.“¹⁸ Durch das Erzeugen einer *Spur* lassen sich Objekten Animationseffekte, wie Transformationen oder Materialwandlungen zuweisen. Dabei ist ein Objekt nicht an eine einzige Spur gebunden – hingegen ist es möglich je nach Komplexität unterschiedliche Spuren zu definieren. Durch das Einfügen von *Keys* können Effekte ausgeführt werden. Dazu wird an Anfang und Ende der Bewegung ein Key gesetzt; das Programm interpoliert die dazwischen liegenden Schritte selbständig. Softwarespezifisch stehen mehrere

¹⁸ Seitz, Stefan (2001). Maxon Cinema 4D Art & XL7. Visualisierung und Animation von CAD-Konstruktionen. München: Addison-Wesley. S. 224

Interpolationsvarianten zur Auswahl (*hart*, *mittel* und *weich*). Es können sowohl Objekte, wie Fenster, Türen, ect. als auch Texturen, Lichtobjekte oder Parametereinstellungen animiert werden. Ebenso wichtig ist der Begriff der *Sequenz*. Eine *Sequenz* gibt den Zeitraum an, wie lange der Animationseffekt der Spur angewandt wird. Nach Erstellen der animierten Szene können jederzeit *Keys* und *Sequenzen* verändert werden. Es besteht ebenso die Möglichkeit die Bewegung der unterschiedlichen Objekte in Echtzeit durch Regulieren des Zeitbalkens zu testen.

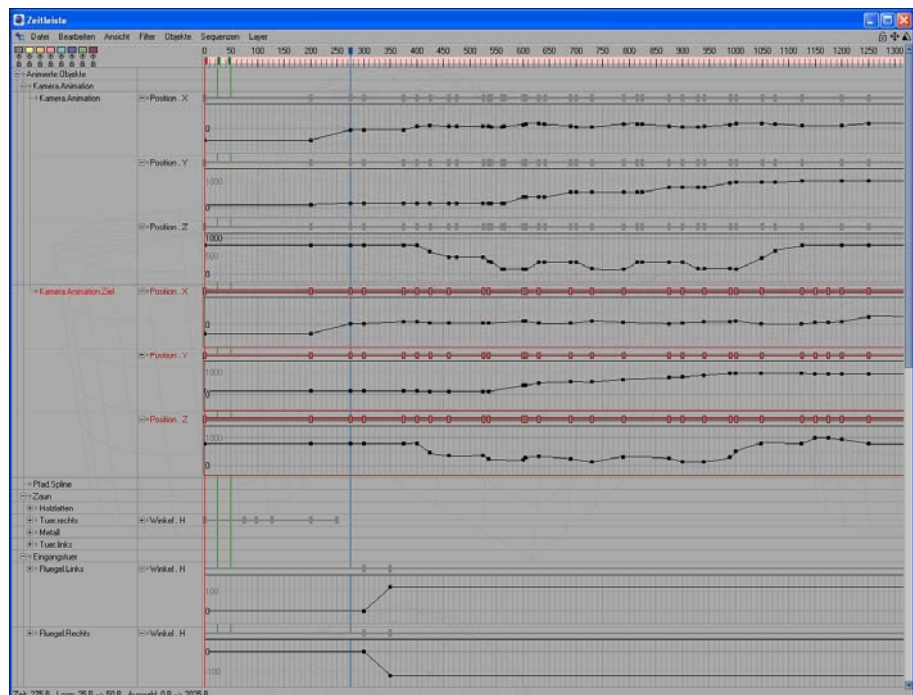


Abb. 4-3 – Zeitleiste mit animierten Objekten

4.3 Nachbearbeitung

Nachdem die gesamten Einzelbilder ausgegeben wurden, werden diese zu einem vollständigen Film zusammengefasst. Dazu kann unterschiedlichste Schnittsoftware eingesetzt werden. In diesem Projekt wird das Programm *Adobe Premiere Pro* verwendet. Mit diesem lassen sich gute Ergebnisse bei beachtlich kurzer Rechenzeit erzielen. Filme können mit Tonspuren und Texteinblendungen problemlos versehen werden.

Zunächst werden die erstellten Einzelbilder in die Schnittsoftware eingelesen und die Bilderserie automatisch zu einem Film zusammengefasst. Zu beachten sind vor allem die Grundeinstellungen des Projektes (Bildrate, Filmlänge, ect.). Die importierten Bilder wurden nämlich bereits auf Basis einer Bildrate von 25 Bildern pro Sekunde

erstellt – dementsprechend wird wiederum ein Film mit 25 Bildern pro Sekunde ausgegeben. Mit dieser Art der Filmherzeugung können unterschiedliche Szenen problemlos entfernt und durch neue ersetzt werden. Auch kann durch diese Variante einiges an Zeit eingespart werden.

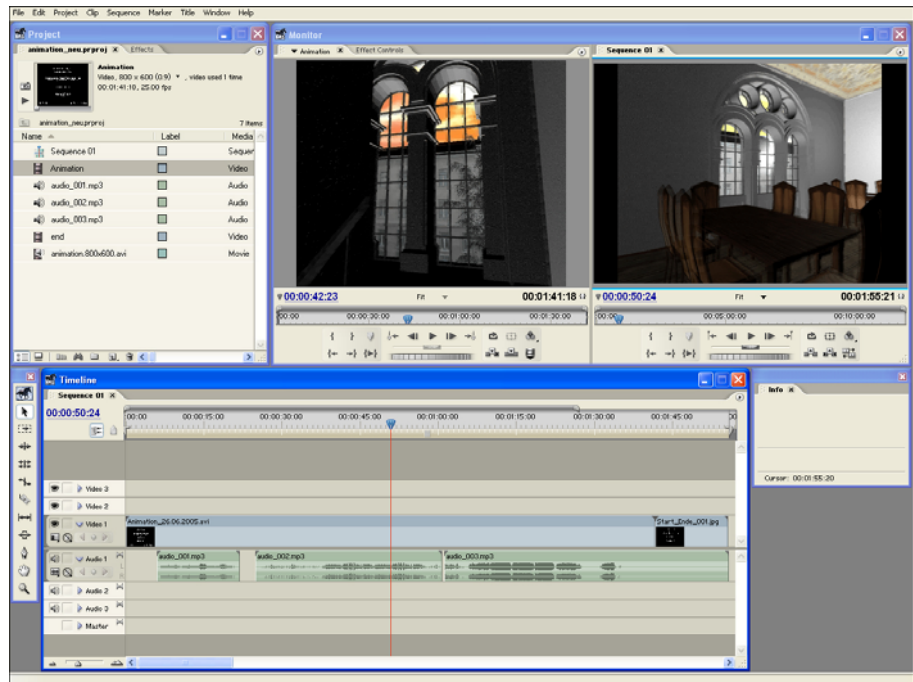


Abb. 4-4 – Adobe Premiere Pro – Spuren



Bild 001



Bild 002



Bild 003



Bild 004



Bild 005



Bild 006



Bild 007



Bild 008

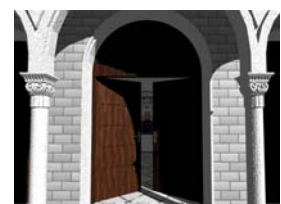


Bild 009



Bild 010



Bild 011



Bild 012



Bild 013



Bild 014



Bild 015



Bild 016



Bild 017



Bild 018



Bild 019



Bild 020



Bild 021



Bild 022



Bild 023



Bild 024



Bild 025

Abb. 4-5 – Ausschnitt des Filmes (Öffnen des Portals)



Abb. 4-6 – Fade In/Out 1

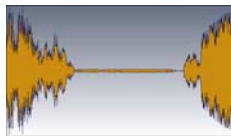


Abb. 4-8 – Fade In/Out 2

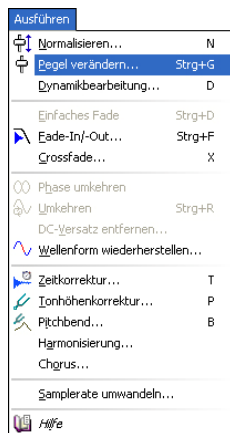


Abb. 4-7 – Pegel verändern

Des weiteren werden neben Video- auch Audiospuren belegt. Dazu werden Geräusche, wie Umgebungs- und Windsounds oder Vogelgezwitscher aufgezeichnet und anschließend mit entsprechender Software aufbereitet. Beispielsweise wird die Länge des Stücks, die Lautstärke, der Pegel und die Tonhöhe verändert.

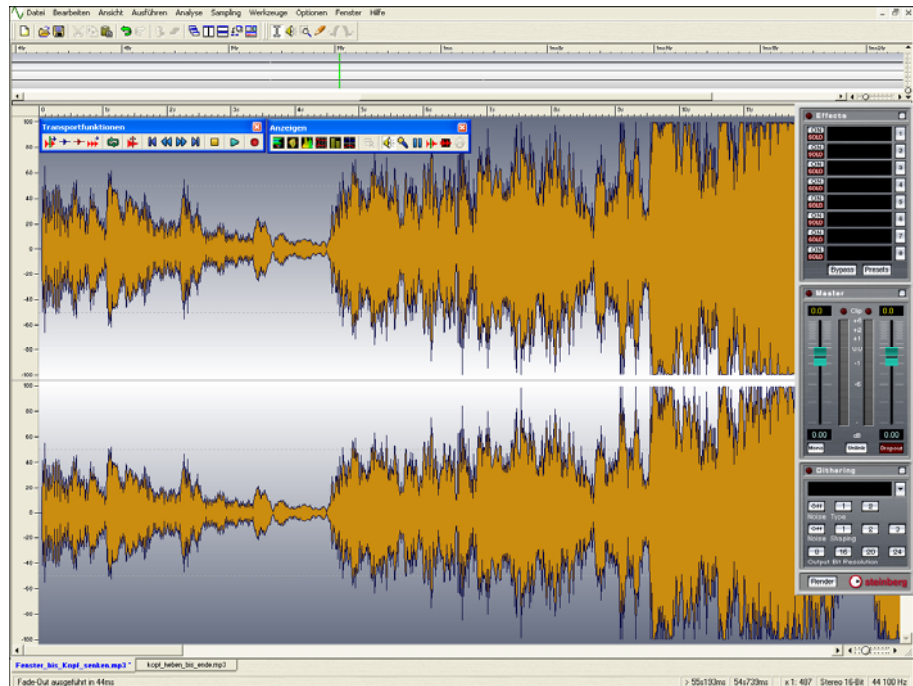


Abb. 4-9 – Darstellung eines Musikstücks in Wavelab

Auf der beiliegenden DVD (Innenseite Buchrücken) ist die fertige Animation zu finden.

5 Maschinelle Fertigung: RP und LC

In den Kapiteln 3 und 4 wurden Möglichkeiten einer virtuellen Weiterverarbeitung des Datenmodells, wie Visualisierung und Animation aufgezeigt. In diesem Abschnitt wird nun das „virtuelle Gebäudemodell“ zu einem „physischen Modell“ verarbeitet. Dabei kommt eine Kombination aus *RP-* (*Rapid Prototyping, 3D Druck*) und *LS* (*Laserschnitt*) -Verfahren zur Anwendung. „Der Begriff *Rapid Prototyping* bezeichnet die Technologien der generativen Fertigungsverfahren, wobei das 3D CAD Modell in Schichten zerlegt, und diese Schichten unmittelbar als Modell gebaut werden. Beim 3D Druck werden die Prototypen durch Einspritzen eines Bindemittels in eine Pulverschicht hergestellt. Nach Generierung der Schicht wird die Arbeitsplattform abgesenkt und eine neue Pulverschicht aufgebracht.“¹⁹ Diese Methode des Rapid Prototyping zeichnet sich vor allem durch die schnelle Bauart und durch das Fertigen auch farbiger Modelle aus – ebenso ist keine Unterstützung notwendig.

Im vorliegenden Projekt wird ein Gerät der Firma *Z-Corporation* verwendet. Bei diesem wird mittels Druckkopf eine Flüssigkeit als Bindemittel in ein Pulverbett aus Zellulose eingespritzt. Das fertige Modell muss anschließend mit Wachs oder Epoxidharz infiltriert werden.



Abbildung 5-1 – 3D Drucker Z Corp. Z406²⁰

Das oben abgebildete Gerät bietet die Möglichkeit jede noch so komplizierte Geometrie zu fertigen. Auch ein Drucken in Farbe stellt keine Schwierigkeiten dar. Vor allem lohnt sich der Einsatz von derartigen Instrumenten bei komplizierten Freiformflächen und für die

¹⁹ Pottmann, Helmuth (2004). Erschließung neuer Geometrien für Architekten. Wien: Selbstverlag.

²⁰ <http://www.zcorp.com> (Mai 2005)

Fertigung von Modellen mit naturgetreuen Materialien und Farbwiedergaben.

Für einfache Extrusionskörper stellt ein Laserschnittverfahren die bessere und vor allem die kostengünstigere Fertigungsmethode dar. An der Technischen Universität in Delft werden zwei Geräte der Firma *Versalaser* eingesetzt – mit einer Leistung von 30 Watt und mit 60 Watt; letzteres wird vor allem für das Schneiden von stärkeren Platten verwendet.



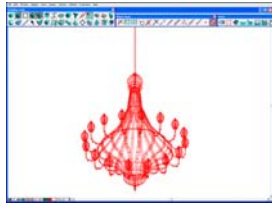
Abbildung 5-2 – Versalaser²¹

5.1 Layerstruktur für einen einfarbigen 3D Druck

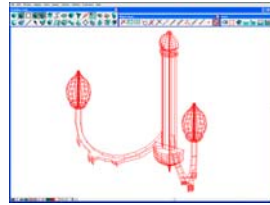
Für ein Fertigen eines *Rapid Prototyping* Modells müssen zunächst die Daten aufbereitet werden. Wie in der Einleitung des *Kapitels 5* beschrieben trägt der Drucker Schicht für Schicht auf. Daher ist es sinnvoll das Datenmodell in neue Strukturen zu unterteilen, welche sich für eine maschinelle Fertigung eignen. So werden beispielsweise Layer, wie Außenwände, Sockel, Fundamente, Fenster, Türen und Fassadenelemente zu neuen Strukturen zusammengefügt. Dabei ist vor allem darauf zu achten, dass es möglichst wenige Hohlräume gibt. Wände werden unter anderem liegend gedruckt, da durch diese Weise die Fensteröffnungen beim Schichten keine Hohlräume darstellen.

Wie bereits im Kapitel 2 (Modellieren der Geometrien) beschrieben, wird das *Virtuelle Modell* so erzeugt, dass eine reibungslose Fertigung möglich ist. Dies bedeutet, dass Anschlüsse und Steckverbindungen schon beim Modellieren berücksichtigt werden müssen. Ebenso ist der Druckmaßstab von erheblicher Wichtigkeit. Die kleinste Abmessung eines gefertigten Bauteils beschränkt sich auf rund drei Millimeter. Zum Finden des geeigneten Maßstabes sind mehrere Probedrucks nötig. Es ist nicht möglich jedes noch so kleine Detail zu erzeugen. So müssen beispielsweise Verzierungen an Leuchtern oder an Geländern im Vornhinein entfernt bzw. angepasst werden.

²¹ <http://www.versalaser.com> (Oktober 2005)



Kronleuchter 1



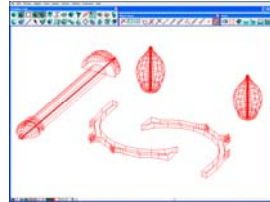
Wandarm 1



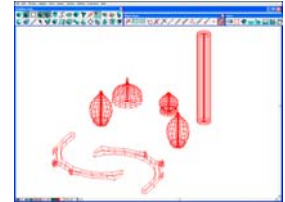
Pendant 1



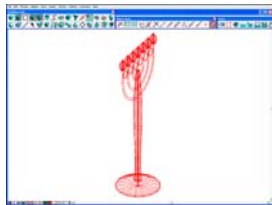
Kronleuchter 2



Wandarm 2



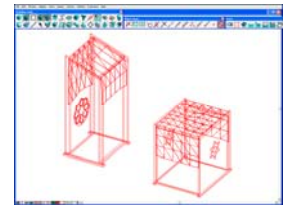
Pendant 2



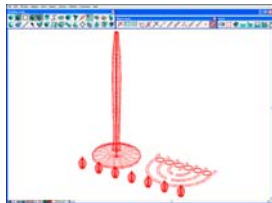
Menora 1



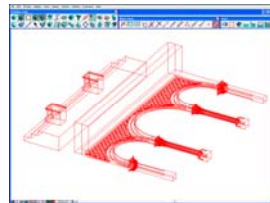
Eingangsbereich 1



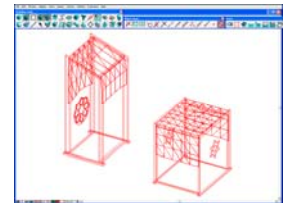
Pult und Tisch 1



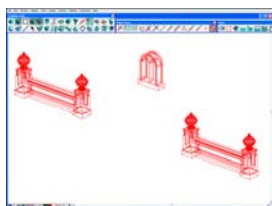
Menora 2



Eingangsbereich 2



Pult und Tisch 2



Dachelemente 1



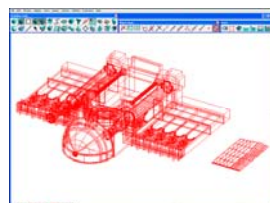
Allerheiligstes 1



Säule Erdgeschoß 1



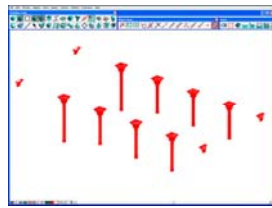
Dachelemente 2



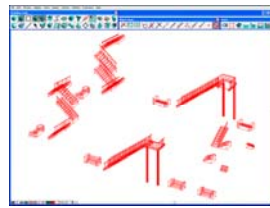
Allerheiligstes 2



Säule Erdgeschoß 2



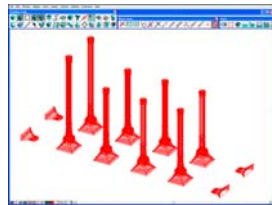
Säule Obergeschoß 1



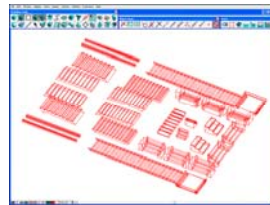
Treppen 1



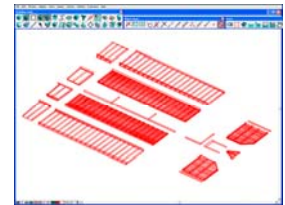
Dachkonstruktion 1



Säule Obergeschoß 2



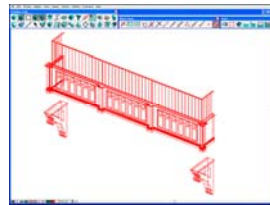
Treppen 2



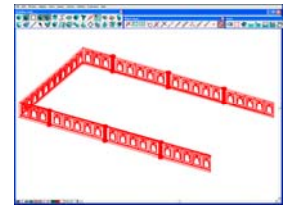
Dachkonstruktion 2



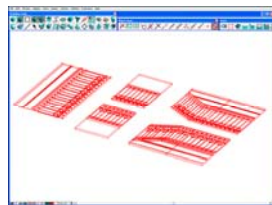
Bereich Almemor 1



Bereich Sängerchor 1



Brüstung 1



Bereich Almemor 2



Bereich Sängerchor 2



Brüstung 2



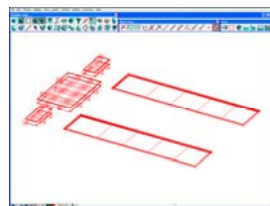
Holzbalkendecken 1



Holzbalkendecken 2



Holzbalkendecken 3



Holzbalkendecken 4



Holzbalkendecken 5

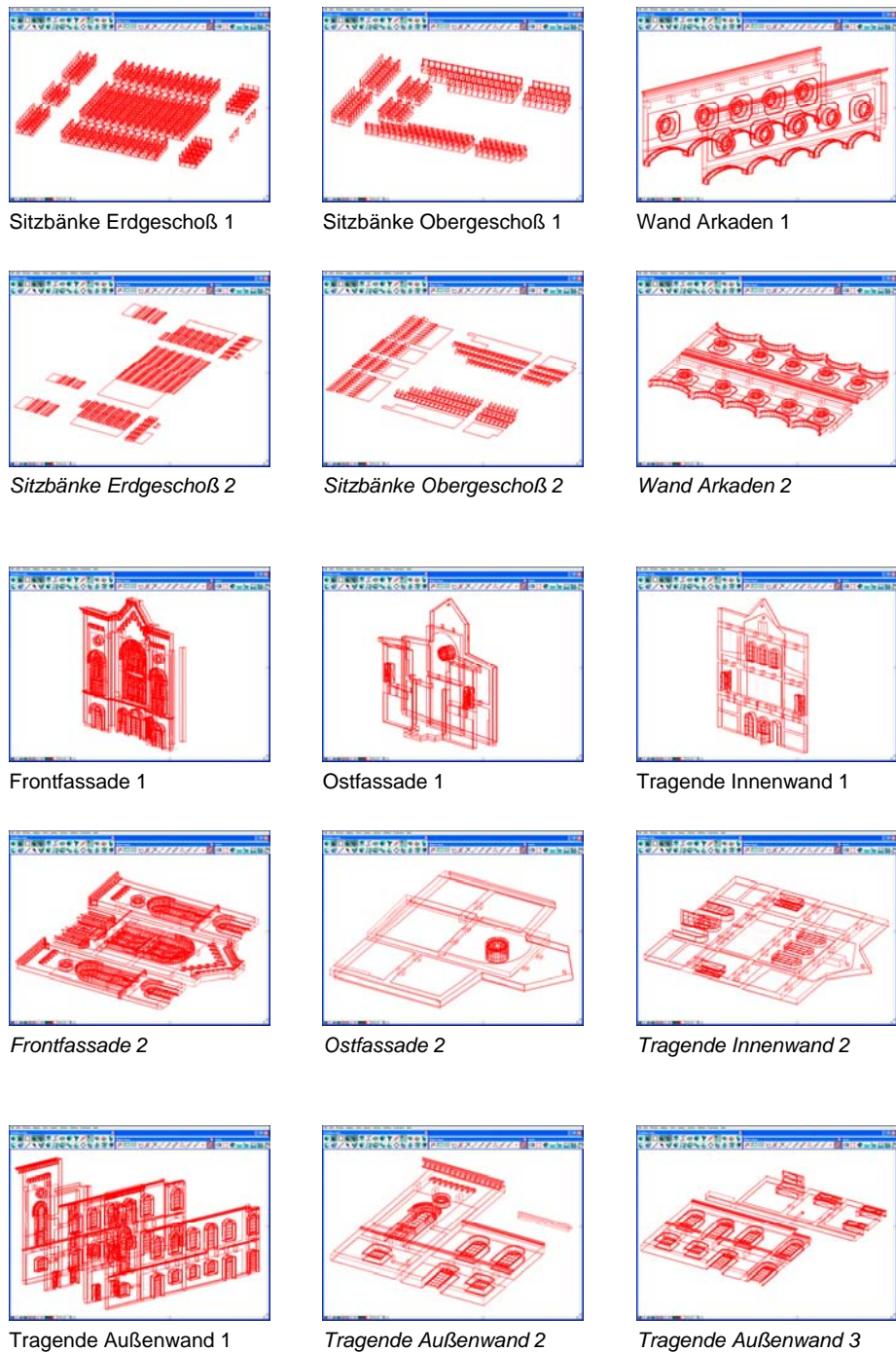


Abb. 5-1 – Layer

Nach der Strukturierung der Gebäudeteile werden diese einzeln als STL Files exportiert. Das STL-Format stellt den aktuellen Industriestandard dar. Dabei beschreiben diese Dateien die komplette Körperoberfläche mit (kleinen) Dreiecken. Je feiner eine Geometrie in Dreiecke aufgelöst ist, desto genauer ist die Erfassung des Körpers – jedoch wird die Datenmenge recht groß. Das STL Format berücksichtigt lediglich die Geometrie eines Körpers. Farbinformationen oder

aufgemappte Materialien können mit diesem Standard nicht berücksichtigt werden. Um auch Texturen und Farbinformationen zu drucken bietet sich das *WRL Format* an. Hierzu müssen zunächst den Strukturen Texturen und Materialien zugewiesen werden. Dabei können die Bauteile der in Kapitel 3 erzeugten Szene verwendet werden. Die Software *Z-Print* ermöglicht eine Vorschau des zu druckenden Objektes zu erzeugen und eventuell noch Änderungen am Bauteil vorzunehmen oder Texturen zu editieren. Im vorliegenden Projekt wird der 3D Druck an der TU Delft ausgeführt. Die Datenaufbereitung und der eigentliche Druck erfolgt somit an unterschiedlichen Orten. Folgende Darstellungen zeigen Unterschiede zwischen bereits vollständigen- und noch zu druckenden Objekten und geben Hinweise für das Zusammenfügen der einzelnen Parts zu einem Bauteil:

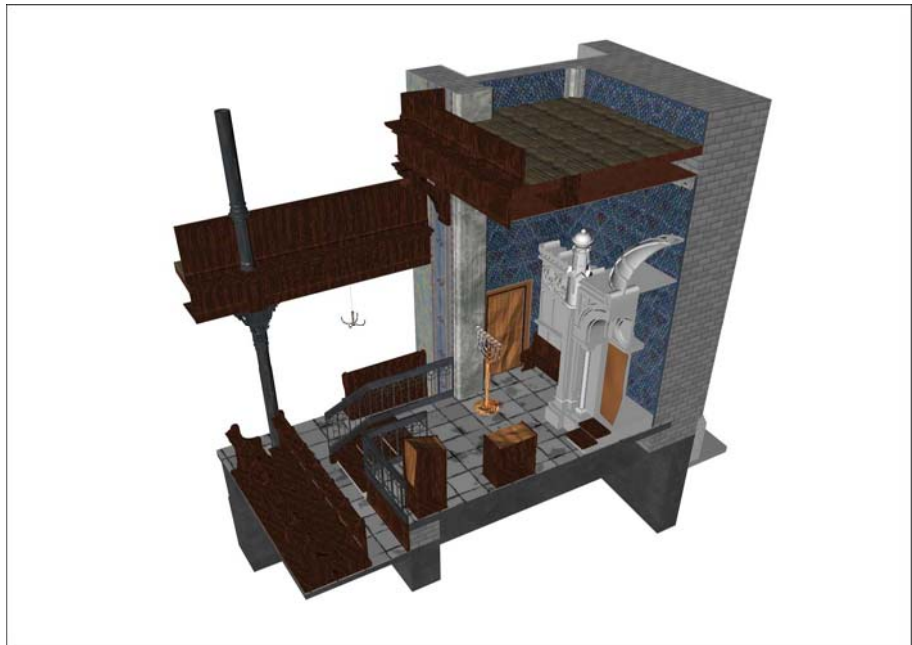


Abb. 5-2 – Farbiges Computerschnittmodell (M 1:20)



Abb. 5-3 – Farbiges Computerschnittmodell (M 1:20)

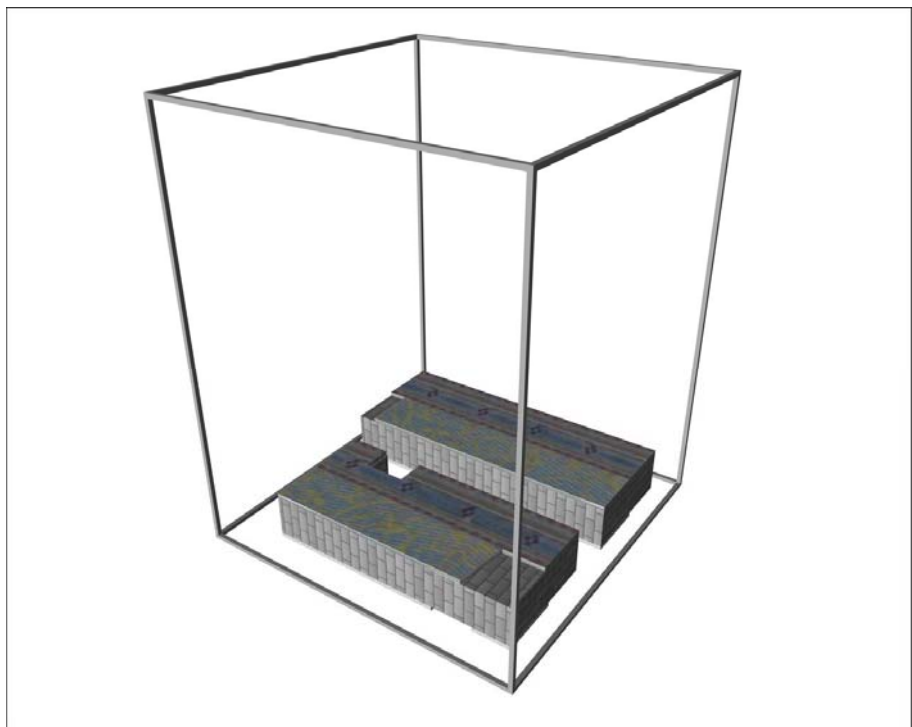


Abb. 5-4 – Zerlegtes Computermodell 1



Abb. 5-5 – Zerlegtes Computermodell 2

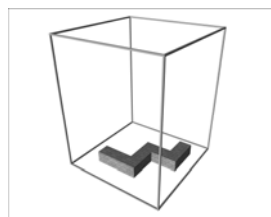
Neben konstruktiven und modellbautechnischen Vorbereitungen muss zusätzlich das Druckgerät bzw. dessen Parameter berücksichtigt werden. An der Technischen Universität Delft wird das Gerätemodell *Z406* von *Z Corporation* verwendet. Dieses ermöglicht bei einem 3D Druck maximale Abmessungen von 20cm x 20cm x 25cm (L x B x H). Des weiteren muss berücksichtigt werden, dass der Drucker eine maximale Auflösung von 0,1mm (des Ausgabemodells) darstellen kann – jede weitere Detaillierung wird nicht gedruckt bzw. ist nicht sichtbar. Aus modellbautechnischer bzw. konstruktiver Sicht sind Stärken unter 3mm (bei größeren Platten) nicht empfehlenswert. Geringere Dimensionen sind lediglich bei kleinen Spannweiten machbar (Bsp. Layer Außenhaut bei Verschnitten mit der Holzbalkendecke).

Beim vorliegenden Projekt werden ein Ausschnitt des Gesamtmodells und ein Bereich des Details gedruckt – die Frontfassade im Maßstab 1:50 und der Toraschrein im Maßstab 1:20. Nachstehende Abbildungen zeigen die Aufteilung des Schnittmodells in Einzelelemente. Die Gliederung erfolgt nach Abmessung, Textur und Funktion des Bauteils. Der Rahmen um die jeweiligen Objekte stellt den maximal druckbaren Bereich dar.

5.2 Layerstruktur für einen mehrfarbigen 3D Druck

Für einen farbigen 3D Druck werden, wie vorhin erwähnt, die Daten einzeln als „VRML Files“ exportiert. *Cinema 4D v9* unterstützt zwei Varianten dieses Formates: *VRML1* und *VRML2*. Es bietet sich an letzteres zu verwenden – Texturen werden direkt in das Datenformat geschrieben und können anschließend mit diversen Playern betrachtet werden. Im vorliegenden Projekt wird zum Überprüfen der VRML2 Files der *Cosmoplayer* von *Computer Associates*²² verwendet. Ein anderer guter Player ist z.B. der *Cortona Player* von *Parallelgraphics*²³; bei diesen Produkten handelt es sich um Freewareangebote.

Die nachfolgenden Bauteile werden aus budgetären Gründen nicht gedruckt – jedoch wegen eines möglichen zukünftigen Farbdruckes trotzdem angeführt.



3D Druck 1



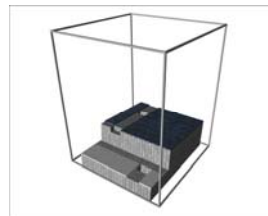
3D Druck 2



3D Druck 3



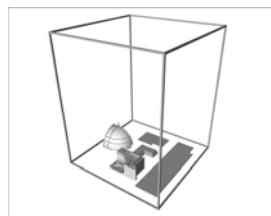
3D Druck 4



3D Druck 5



3D Druck 6



3D Druck 7



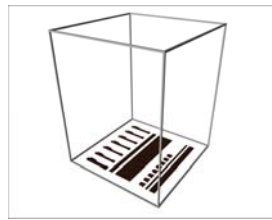
3D Druck 8



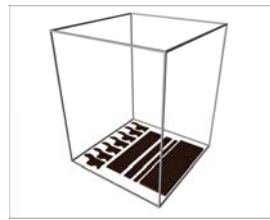
3D Druck 9

²² <http://www.ca.com/cosmo/>

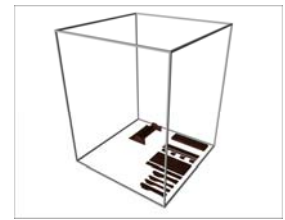
²³ <http://www.parallelgraphics.com/products/cortona/>



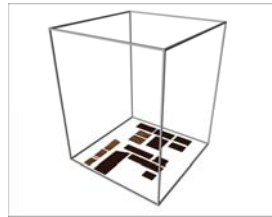
3D Druck 10



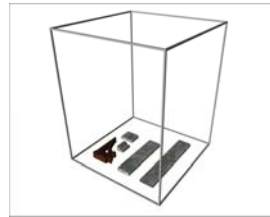
3D Druck 11



3D Druck 12



3D Druck 13



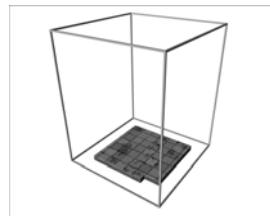
3D Druck 14



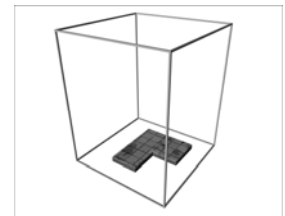
3D Druck 15



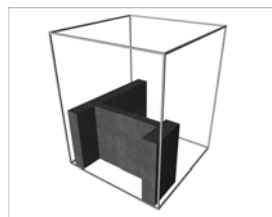
3D Druck 16



3D Druck 17



3D Druck 18



3D Druck 19



3D Druck 20



3D Druck 21



3D Druck 22



3D Druck 23



3D Druck 24



3D Druck 25



3D Druck 26



3D Druck 27

Abb. 5-6 – 3D Druck mit Texturen – Strukturierung

Der *VRML2* (*V*irtual *R*eality *M*odelling *L*anguage) Datenexport erzeugt ein *WRL* File. Dabei werden bloß mit Bitmaps versehene Texturen exportiert – jegliche andere Informationen, wie Spiegeleffekte, Relief- oder Shadereinstellungen werden nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund müssen gegebenenfalls Texturen, wie Metalle oder Glas durch neu erstellte Materialien ersetzt werden. Hier reicht es aus, Glas mit der Farbe weiß oder ein Material eines matten Eisens mit der Farbe grau zu ersetzen. Dazu wird ein Pixelbild mit den entsprechenden Einstellungen erzeugt und dem Material zugewiesen.

Der Player ermöglicht ein freies Navigieren (Zoom, Pan, Rotate, Fly) im Raum. Nachstehende Grafik zeigt die in Segmente unterteilte und texturierte Brüstung im Bereich des Almemors.



Abb. 5-7 – Texturierte Brüstung; Darstellung im *Cosmoplayer*

5.3 Kombinierte Fertigung: Laserschnitt und 3D Druck

Das 3D Druckverfahren stellt ein recht kostspieliges Fertigungsverfahren dar. Aus diesem Grund werden nicht die gesamten Bauteile gedruckt, sondern mit einem Laserschnittverfahren kombiniert. Dieses stellt im Vergleich eine kostengünstige Möglichkeit zum Generieren einfacher extrudierter Volumskörper dar. Trotzdem sei an dieser Stelle angeführt, dass ein Generieren obiger Bauteile durchaus mit einem reinen 3D Druck möglich ist.



Abb. 5-8 – LS Versalaser 30 Watt



Abb. 5-9 – LS Versalaser 60 Watt

Das Wort „*Laser*“ kommt aus dem Englischen und ist eine Abkürzung für Light Amplification Stimulated Emission of Radiation – eine „Verstärkung von Lichtwellen“.

Ein Laserstrahl ermöglicht ein Schneiden, Schweißen, Bohren, Löten, Gravieren, ect. Bei der Fertigung von Ausschnitten der Synagoge werden Materialien geschnitten und Gravuren erstellt. Vor allem die hohe Präzision und der geringe Verschleiß sprechen für den Einsatz eines Laserschneiders.

„In der industriellen Materialbearbeitung werden hauptsächlich Gaslaser (z.B.CO₂, Nd:YAG und Excimer-Laser) verwendet. Beim Laserschneiden wird das Material mittels des Lasers zum Schmelzen gebracht und das flüssige Material mit einem Gasstrahl weggeblasen. Ein leistungsstarker Laser schneidet bis zu 4cm dicke Stahlplatten.“²³ (Die Geräte an der TU Delft schneiden bis maximal 6mm). „Durch eine optimal mögliche Fixierung der Linsen sind Laserschneider wesentlich präziser als herkömmliche Schneidwerkzeuge, wie z.B. Diamantschneider. Laserstrahlen können auch wesentlich komplizierteren Bahnen folgen, da sie mit Hilfe von Linsen und Spiegeln schnell und genau gelenkt werden können. In den meisten Fällen wird das zu bearbeitende Stück auf speziellen, computergesteuert bewegten Halterungen unter dem

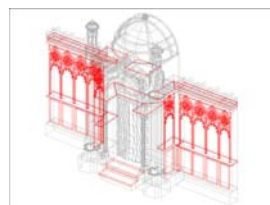
Laser hindurchbewegt. Bei größeren Werkstücken, beispielsweise in der Schiffsindustrie, wird der Laser mobil gelagert und bewegt.²⁴ Das Laserschneidegerät an der TU Delft ermöglicht die Bearbeitung von Materialien lediglich in zweidimensionaler Ebene. Kleine Spiegel lenken das Licht vom Laser zum Material. Dabei wird der „Kopf“ von Motoren gesteuert.

5.3.1 Layerstruktur einer kombinierten Fertigung

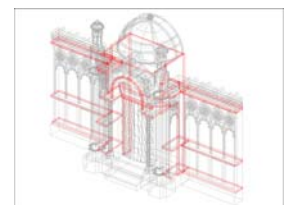
Nachfolgend wird die Layerstrukturierung einer kombinierten Fertigung am Beispiel des Toraschreins geschildert (analog dazu erfolgt die Unterteilung der Frontfassade).



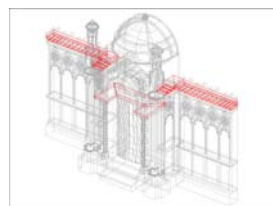
3D Druck



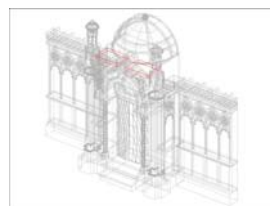
Laserschnitt – 1mm



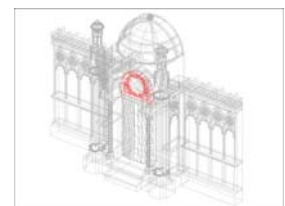
Laserschnitt – 2mm



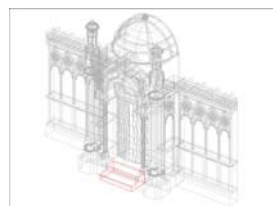
Laserschnitt – 3mm



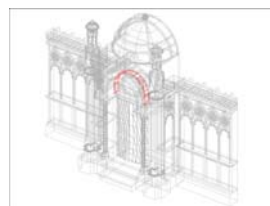
Laserschnitt – 4mm



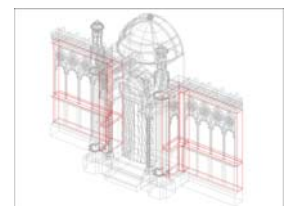
Laserschnitt – 5mm



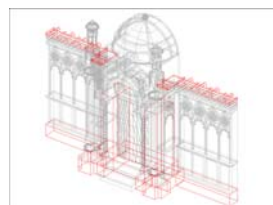
Laserschnitt – 6mm



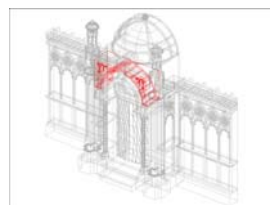
Laserschnitt – 7mm



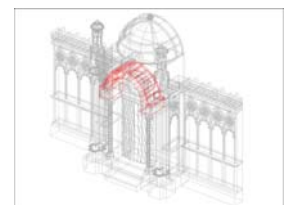
Laserschnitt – 10mm



Laserschnitt – 15mm



Laserschnitt – 22mm



Laserschnitt – 25mm

Abb. 5-10 – Strukturierung – Kombination Laserschnitt und 3D Druck

²⁴ Scharl, Stefan (1996). Facharbeit Pirckheimer-Gymnasium Kollegstufe 1994/96. Leistungskurs: PH₂. Nürnberg: Eigenverlag.

5.3.2 Ratschläge für die Datenaufbereitung

Nachfolgende Ratschläge sind für das Fertigen der Wiener Synagoge von grundlegender Wichtigkeit.

- *Deckungsgleiche Elemente* werden als Einzelobjekte exportiert und mittels Mehrfachprint gefertigt. Dazu werden von den einzelnen Bauteilen (z.B. Stütze, Rundfenster, ect.) einzelne *stl-Files* erstellt. Dies bedeutet jedoch nicht, dass das gesamte Gebäude in hunderte von Dateien geteilt wird; im Fall des Eingangsportals ist es ratsam mit einer Gruppe von Bauteilen zu arbeiten – dies garantiert dem Modell ebenso eine gewisse Stabilität.
- Es bietet sich ein *Mix unterschiedlicher Fertigungsmethoden* an. Im Fall des Portals z.B. empfiehlt sich eine Kombination von Laserschnitt und 3D-Druck an. Der Laserschnitt ist dabei schneller und billiger. Dieser Ansatz führt zu einer Anwendung unterschiedlicher Fertigungsmethoden. Ein Laserschnittverfahren kommt vor allem bei flachen Bauteilen (mindestens 0,7mm Stärke). Somit ergeben sich folgende Arten von Bauteilklassifizierungen:

Große, flache Flächen	Laserschnitt
Große, flache Volumskörper	Laserschnitt
Flächen mit geschichteter Struktur	Laserschnitt (nachträgliches Zusammenfügen der Schichten)
Sweep-Objekte	3D-Druck
Hoch detaillierte Bauteile	3D-Druck
Treppen und geschnitzte Bauteile	Laserschnitt (Platten)

- Die Normalen der Objekte müssen nach Außen gerichtet sein – ansonsten kommt es bei einem 3D Druck zu Komplikationen. Falsch orientierte Normalen verursachen fehlerhafte Drucke.
- Für die Simulation des 3D-Drucks wird die Software Z-Print verwendet. Mit dieser ist es möglich die Dauer der Fertigung und die damit verbundenen Kosten bzw. Materialverbrauch abzuschätzen.
- Neben dem „3D Printer“ wird ein Laserschneidegerät des Herstellers „Versalaser“ verwendet. Der 30 Watt Versalaser ermöglicht ein Schneiden unterschiedlicher Materialien mit einer maximalen Stärke von 6 mm.
- Bei der Verwendung des Lasers für Schnitte und Gravuren ist vor allem auf eine effiziente Anordnung der Objekte zu achten. Die zu

bearbeitenden Materialien sind meist teuer und ein sparsamer Umgang ist empfehlenswert – ebenso ist eine möglichst kurze Fertigungszeit anzustreben. Die Elemente sollten optimal angeordnet werden; benachbarte Objekte werden direkt aneinander gesetzt – doppelte Linien sind dabei zu vermeiden.

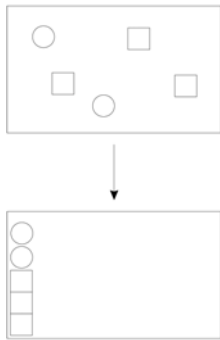


Abb. 5-11

- Der minimale Abstand von Schnittpunkten beträgt 0,7mm. Dies hängt vom verwendeten Material ab.
 - Doppellinien sind zu vermeiden.
 - Treppen werden nicht durch Zusammenkleben mehrerer Schnitte erzeugt.
 - Kein Laserschnittobjekt ist kleiner als 5x5 mm oder 5x10 mm – kleinere Elemente fallen durch den „Rost“ des Laserschnittgerätes.
 - Der Maßstab des Modells ist M 1:1 – die Einheiten sind in Millimeter festzulegen.
 - Die maximalen Abmessungen des mit dem Laser zu bearbeitenden Objektes sind 600x300 mm. Ein Rand von 5mm ist empfehlenswert.
- Im Grunde genommen kann festgestellt werden, dass bei der Fertigung eines recht umfangreichen Modells, wie der Währinger Synagoge, ein reiner „3D Druck“ mit hohen Kosten verbunden ist. Dazu sind Bauteilabmessungen in manchen Fällen zu gering bzw. zu groß, was zu ungenauen Ergebnissen und zu hohen Ausgaben führt. Daher ist es ratsam, das gesamte Modell in Gruppen von „Bauelementen“ zu unterteilen; ebenso werden „*flache*“ Bauteile (Laserschritt) und „*nicht flache*“ Bauteile (Rapid Prototyping) zu unterscheiden.

Die erzeugten Teilobjekte werden nach deren Fertigung zusammengefügt. Eine Kombination aus Laserschritt und Rapid Prototyping stellt eine innovative Fertigungsvariante dar. Zu beachten ist ebenso, dass ein „3D Druck“ keine vollkommen exakten Ergebnisse liefert – Abmessungen sind meist etwas größer und das zu druckende Material hat im Gegensatz zum verwendeten Material des „*Lasercutters*“ andere Eigenschaften. Dies stellt sowohl für die Datenvorbereitung, als auch für die Objektfertigung eine Herausforderung dar.

5.3.3 Fertigung: Laserschnitt und 3D Druck

Der an der TU Delft verwendete Laserschneider der Firma *Versalaser* bietet die Möglichkeit Platten mit einer maximalen Stärke von 6mm zu trennen. Wie in den Abbildungen der Layerstrukturen ersichtlich ist, sind auch „Extrusionsobjekte“ mit Stärken bis 25mm erforderlich; in diesem Fall werden fünf 5mm starke Platten gefertigt und anschließend miteinander verleimt.

Die nachstehende Abbildung zeigt die Datenaufbereitung für einen Laserschnitt am Beispiel der 1mm starken MDF Platte. Es ist ebenso empfehlenswert die Daten der Frontfassade mit jenen des Toraschreines zu kombinieren und somit an Material einzusparen.

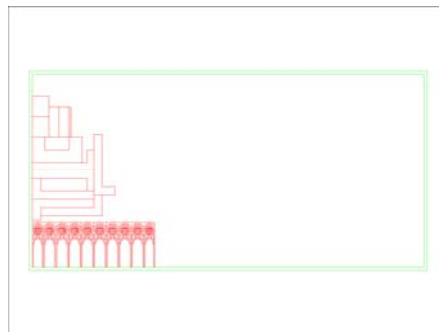


Abb. 5-12 – LS Toraschrein

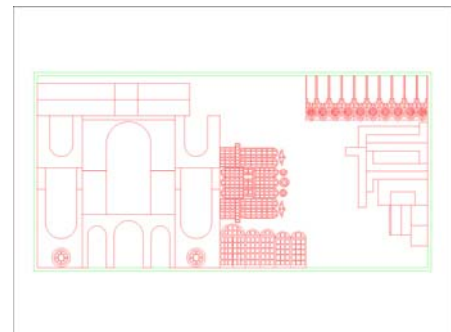


Abb. 5-13 – LS Schrein und Frontfassade

Beim Laserschneiden ist auf das Verwenden unterschiedlicher Materialien zu achten. Vor allem sind die beiden Parameter Schnittgeschwindigkeit und Brennstärke entscheidend. Eine dünne Platte benötigt weniger Leistung und eine andere Schnittgeschwindigkeit.

Bei der Fertigung der Frontfassade und des Toraschreines werden MDF Platten verwendet. Diese sind recht kostengünstig, sind in unterschiedlichsten Stärken erhältlich, können problemlos geschnitten und nach dem Schneiden bearbeitet werden (kleben, schleifen, einfärben, ...). Je nach vorhandenem Budget kann aus unterschiedlichen Materialien ausgewählt werden – interessant sind dabei transparente Materialien, wie *Plexiglas* oder *Perspex*.

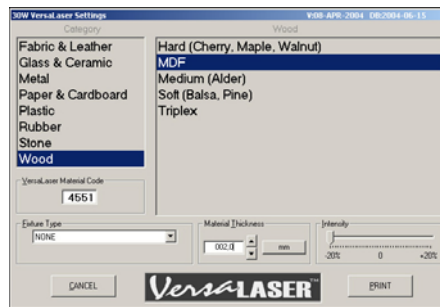


Abb. 5-14 – Materialeinstellungen Versalaser 30W

Bevor der Auftrag an den Laserschneider gesendet wird, kann dieser zuvor in einem Simulationsprogramm betrachtet werden. Hier sind die aktuellen Arbeitsschritte zu sehen.

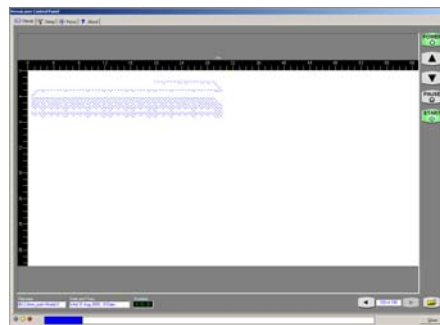


Abb. 5-15 – LS Gravuren (simuliert)

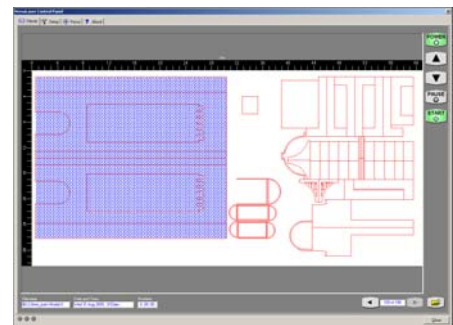


Abb. 5-16 – LS Schnitte (simuliert)



Abb. 5-17 – LS Lasergravuren

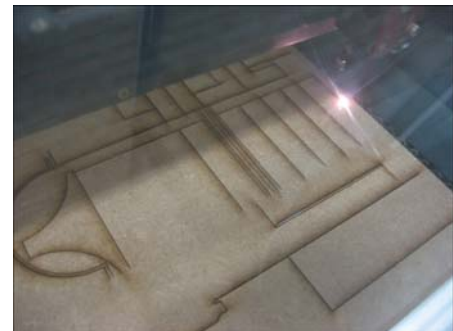


Abb. 5-18 – LS Laserschnitt

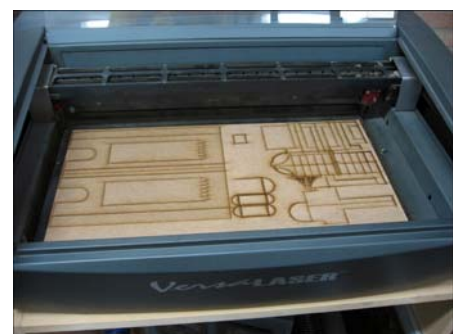


Abb. 5-19 – LS – Fertiger Laserschnitt

Analog zum Laserschneiden kann, wie bereits in vorigen Kapiteln erwähnt, auch ein 3D Druck zuvor simuliert werden. Beim Drucken der Elemente der Frontfassade und jener des Toraschreines werden alle Einzelelemente in einem Druckvorgang gefertigt.

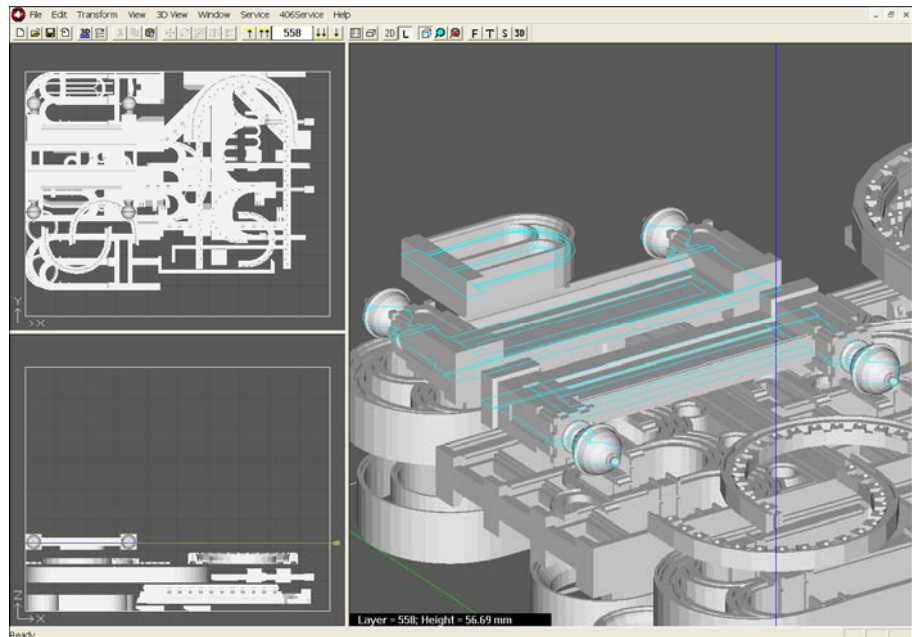


Abb. 5-20 – Simulation in ZPrint

Anschließend werden mit der Software Überschneidungen, erforderliche Druckdauer, ungefähre Druckkosten und Materialverbrauch, sowie eventuelle falsch ausgerichtete Normalen ermittelt. Erst nach einer fehlerfreien Simulation kann mit dem Druck begonnen werden. Bei den Elementen der Frontfassade und des Toraschreins werden ca. zwei Stunden und 24 Minuten benötigt (Monochromdruck). Die reinen Herstellungskosten belaufen sich dabei auf rund 100 Euro.

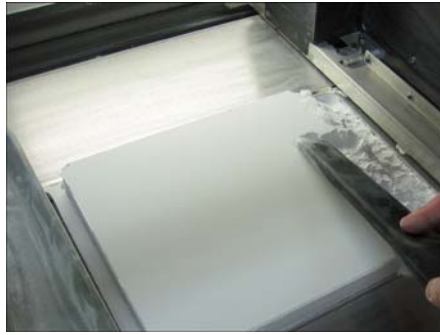


Abb. 5-21 – RP Absaugen

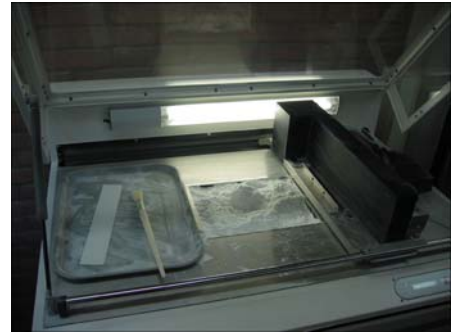


Abb. 5-22 – RP – Freilegen 1



Abb. 5-23 – RP – Freilegen 2



Abb. 5-24 – RP – Pulver entfernen



Abb. 5-25 – RP – Einzelemente



Abb. 5-26 – Spraysen mit Autolack

Die frisch gedruckten Elemente sollten nach Abschluss des Druckprozesses nicht sofort freigelegt werden, sondern – wenn möglich – einen Tag im Gerät verweilen und erst nach Abschluss des Erhärtungsprozesses aus dem Bauvolumen entfernt werden. Das Freilegen der Bauteile erfolgt durch Absaugen des überflüssigen Pulvers. Bei filigranen Elementen muss behutsam gearbeitet werden. Es kann durchaus vorkommen, dass manche Objekte beim Freilegen zerbrechen; in diesem Fall ist ein Reparieren oder ein Neudruck die Folge. Die freigelegten Elemente werden anschließend von restlichem Pulver entfernt.

Um die Elemente widerstandsfähiger zu machen, werden sie infiltriert. Eine kostengünstige Alternative stellt die Verwendung von farblosem Autolack dar. Die Elemente werden dabei zweifach beschichtet.

5.4 Ergebnis: Laserschnitt und 3D Druck

Nach dem erfolgreichen Fertigen der Bauteile ist es notwendig diese mit Hilfe der zuvor festgelegten Systematik zusammenzufügen. Es gibt sowohl reine Steck- als auch reine Klebeverbindungen. Zu beachten ist ebenso, dass beim Modellieren der Bauteile bei *Booleschen Operationen* nicht mit Toleranzen gearbeitet wurde, da keine Erfahrungswerte vorlagen. Um ein Zusammenfügen zu gewährleisten, ist es notwendig, die Steckverbindungen nachträglich händisch mit Feile und Schmirgelpapier zu korrigieren. Grundsätzlich sind alle Objekte, welche mit dem 3D Drucker gefertigt wurden, etwas größer als sie sein sollten. So wurde beispielsweise das „Große Fenster der Frontfassade“ in *FormZ* mit den Abmessungen 152mm x 67mm modelliert – die Abmessungen des Ausdruckes sind hingegen 153mm x 68mm.

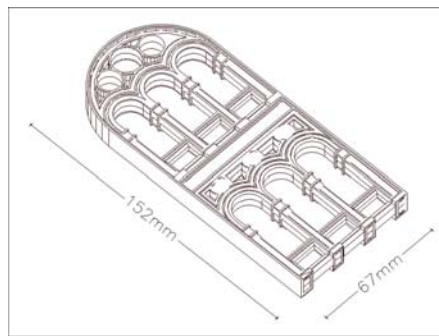


Abb. 5-27 – Fenster Soll-Abmessungen

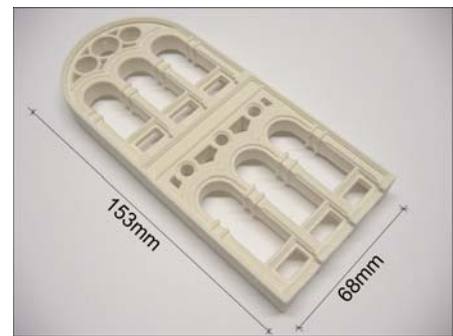


Abb. 5-28 – Fenster Ist-Abmessungen

Lasergeschnittene Elemente passen perfekt in lasergeschnittene Öffnungen. Der Grund liegt darin, dass der Laser beim Schneiden eine minimale Breite besitzt. 3D-Druck-Objekte werden mit Feile und Schmirgelpapier vorsichtig bearbeitet.



Abb. 5-29 – Zusammenfügen 1

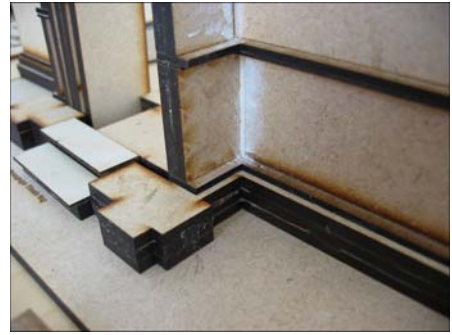


Abb. 5-30 – Zusammenfügen 2



Abb. 5-31 – Anpassen der Bauteile



Abb. 5-32 – RP-LC-Modell – Übersicht Frontfassade M 1:50



Abb. 5-33 – RP-LC-Modell – Frontfassade 1 M 1:50



Abb. 5-34 – RP-LC-Modell – Frontfassade 2 M 1:50



Abb. 5-35 – RP-LC-Modell – Toraschrein M 1:20

6 Datenaustausch: Von FormZ nach ArchiCAD

In Kapitel 2 wurde das Modellieren der gesamten Szene unter Verwendung der Software FormZ v5 beschrieben. Wie bereits erwähnt ist diese Arbeit ein Baustein eines umfangreichen Forschungsprojektes. Bei anderen *Virtuellen Rekonstruktionen Wiener Synagogen* wurde stets die Software ArchiCAD von Graphisoft eingesetzt. Für ein Forschungsprojekt macht es Sinn, ein globales Datenformat zu verwenden. Dieser Abschnitt behandelt den Datenaustausch zwischen den beiden genannten Programmen FormZ v5 und ArchiCad v8.

Für einen Datenaustausch bieten sich grundsätzlich mehrere Formate an. Ein rein zweidimensionaler Austausch erfolgt meist mit den Formaten DXF, DWG, STEP – CDS. Dabei sorgen entsprechende Konverter für den Import bzw. Export der Daten. Die Informationen sind dabei auf rein geometrische Daten beschränkt.

Beim dreidimensionalen Modellieren eines Gebäudes werden häufig neben rein geometrischen- auch fachliche Informationen verwendet. Darunter fallen unter anderem das Darstellen und Speichern folgender Informationen:

- 3D Volumen (geometrisches Modell),
- Maßstabsabhängige 2D Darstellungsvarianten,
- Steuerung der Priorität bei Wandverschneidung,
- Materialbeschreibung,
- Verknüpfung zu Ausschreibungspositionen,
- Statische Berechnung,
- Thermische Berechnung,
- Regeln für Mengenermittlung,
- ect.

Für einen Datenaustausch eines „*Virtuellen Gebäudemodells*“ bietet sich das Format IFC (Industry Foundation Classes) an. Sofern Programme dieses Format unterstützen, sollten keinerlei Datenverluste auftreten. FormZ v5 besitzt keine IFC Schnittstelle. Aus diesem Grund können lediglich geometrische Informationen zwischen beiden Programmen ausgetauscht werden. Ein erheblich hoher Arbeitsaufwand ist im zu importierenden Programm zu vollbringen.

Als Datenformat für die dreidimensionalen geometrischen Informationen werden das Format 3DS, DXF und OBJ verwendet. Nachfolgend wird

anhand von einzelnen Beispielen die Problematik des Import einer reinen Geometrie in ArchiCAD aufgezeigt. Analog dazu erfolgt der Umgang mit dem Gesamtmodell der Synagoge.

6.1 Wände, Stützen und Decken

Der einfachste Weg aus einem geometrischen Modell ein „Virtuelles Gebäudemodell“ zu erstellen, ist, das Basismodell geschoßweise zu unterteilen, sprich „in Scheiben zu schneiden“. Somit können die Geometrien einzelner Geschoße importiert und auf Grundlage dieser, neue Objekte erstellt werden. Diese intelligenten Objekte werden händisch, auf Grundlage der 3D Informationen, nachgezeichnet.

Ebenso können beispielsweise auf Grundlage des „*FMZ-Formates*“ (FormZ) Grundrisse mit 2D Informationen erstellt und anschließend in *ArchiCAD* importiert werden. Auch sollte man stets bei Unklarheiten auf das Gesamtmodell (z.B. in FormZ 5) zurückgreifen – so können Positionen und Abmessungen von Objekten im Raum eindeutig wiedergegeben werden.

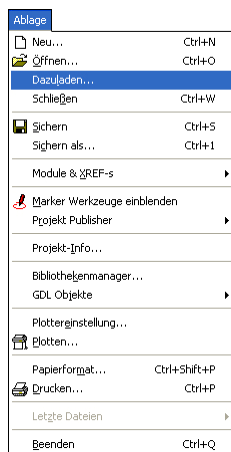


Abb. 6-1 – Import 2D Daten

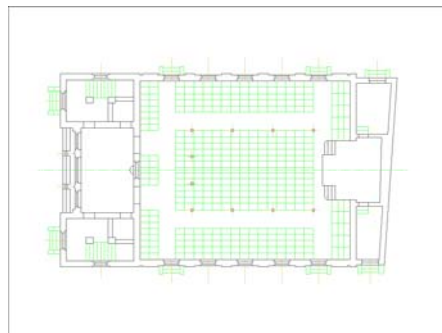


Abb. 6-2 – 2D Daten (DXF)

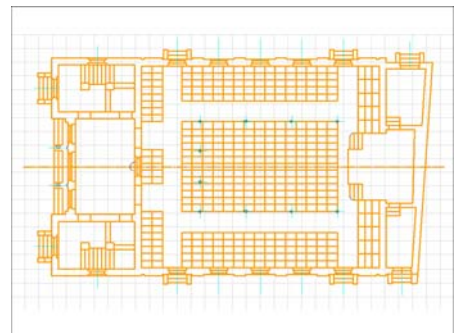


Abb. 6-3 – 2D Daten in ArchiCAD

Zunächst werden die 2D Daten (Grundrisse) in das Programm importiert; hier bietet sich das Format *DXF* an. Wie in obiger Abbildung ersichtlich, werden die gesamten Informationen übernommen. Nun kann mit dem dreidimensionalen Modellieren begonnen werden.



Abb. 6-4 – 3DS zu GDL

Der *3DS-Konverter* bietet sich für den Datenaustausch zwischen dreidimensionalen geometrischen Objekten und ArchiCAD 8.0 an. „Mit Hilfe des 3DS-Import-Addons können 3DS-Dateien in GDL-Objekte umgewandelt werden und 3DS-Daten in ArchiCAD 8 importiert werden.“²⁵

Das erstellte GDL-Objekt ist dabei ein rein geometrisches Objekt – Parameter, wie Größe, Position, ect. können definiert werden. Wie bereits anfangs erwähnt, wird zunächst die Synagoge in Ebenen unterteilt und geschoßweise exportiert (als *3DS* bzw. *DXF*).

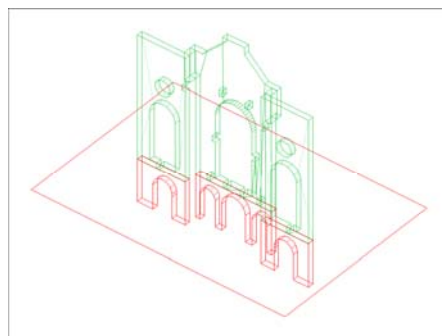


Abb. 6-5 – Unterteilen in Ebenen

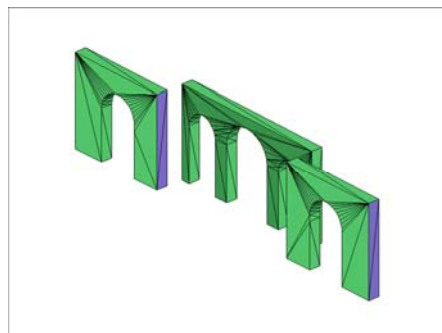


Abb. 6-6 – GDL-Objekt in ArchiCAD

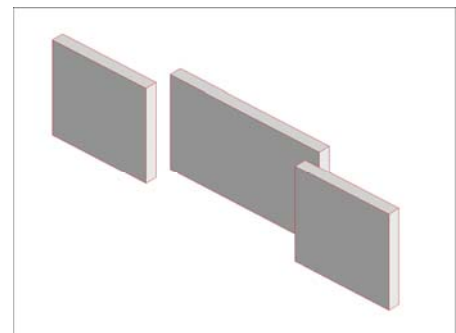


Abb. 6-7 – Wand-Objekt in ArchiCAD

Aus diesen Abbildungen ist ersichtlich, dass das GDL-Objekt die exakten geometrischen Informationen des Ausgangsobjektes (FormZ) besitzt. Jedoch handelt es sich hier nicht um ein „ArchiCAD Bauteil“. Das bedeutet es besitzt neben der Geometrie keine weiteren Informationen. Auf Grund von den importierten 2D- und 3D-Daten werden nun „intelligente Bauteile“ erstellt (siehe Abb. 6-7).

Diese Arbeitsweise eignet sich für das Erstellen der gesamten Objekte (wie Decken, Stützen, ect.).

²⁵ <http://www.gshelp.de/CDownloads/Downloads80import.html> [September 2005]

6.2 Fenster und Türen

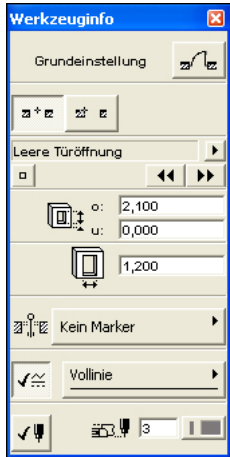


Abb. 6-8 - Türeinstellungen

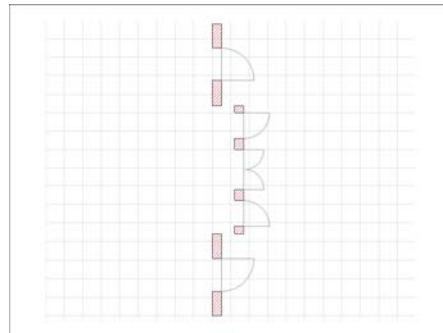


Abb. 6-9 – Wandbauteil im Grundriss

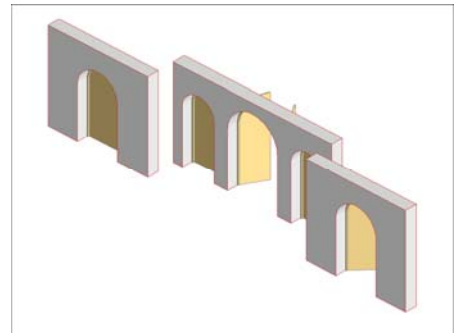


Abb. 6-10 – Wandbauteil in 3D



Abb. 6-11 - Fensterauswahl

Nun werden in die Bauteile (Wände, Stützen, Decken) Fenster und Türen gesetzt. Hierzu kommen in ArchiCAD die *Fenster- und Türen-Werkzeuge* zum Einsatz. Die Software von *Graphisoft* besitzt standardmäßig eine Basisbibliothek, die Fenster- und Türelemente beinhaltet.

Im Menüpunkt *Fenstereinstellungen* bzw. *Türeinstellungen* können die unterschiedlichen Parameter (wie Art, Abmessungen, Öffnungsrichtung, Materialien, ect.) verändert werden. Fenster und Türen sind auch „intelligente Bauteile“.

Ein großer Vorteil des „Virtuellen Gebäudes“ ist unter anderem das automatische Generieren von Plandarstellungen. Es werden Bauteile, wie Wände, Decken, ect. modelliert und die Software stellt diese entsprechend dar (Grundriss, Ansicht, Schnitt, ect.). Auch können nachträglich z.B. Türen durch andere Objekte des Bibliothekmanagers ersetzt oder Abmessungen ohne großen Aufwand verändert werden.

6.3 Treppen

Treppen werden in ArchiCAD mit dem „*Stairmaker*“ erstellt. Dieser ermöglicht ein automatisches Generieren von Treppen und Rampen. Die Parameter werden über das „*Stairmaker-Fenster*“ eingegeben.

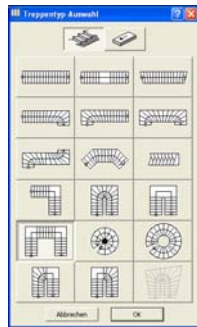


Abb. 6-12 – Treppenauswahl

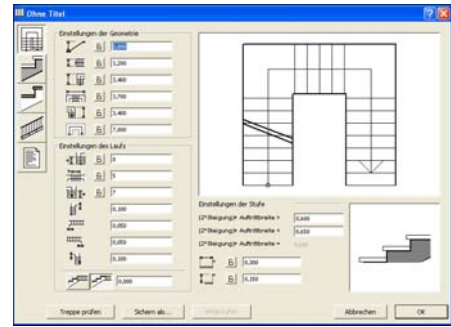


Abb. 6-13 – Parametereinstellungen

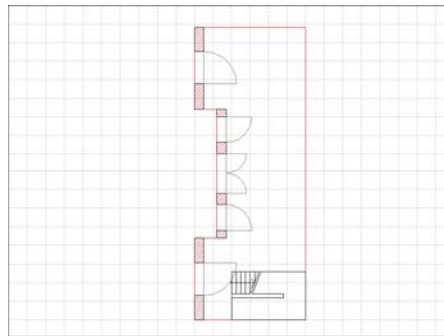


Abb. 6-14 – Treppe in 2D

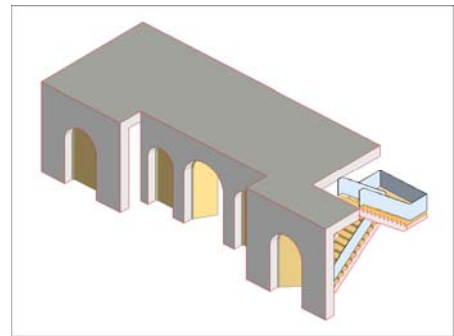


Abb. 6-15 – Treppe in 3D

Die Darstellung im Grundriss erfolgt ebenso wie bei Wänden, Decken, ect. parallel zur räumlichen Darstellung.

6.4 Dach- und Dachkonstruktion

Für das Erstellen von Dachkonstruktionen gibt es in ArchiCAD den „Roofmaker“. Hier können Pfetten, Sparren, Balken, Dachhaut ect. im Grundriss eingegeben werden. Analog dazu erfolgt das Darstellen in 3D – es handelt sich wiederum um „intelligente Bauteile“, welche z.B. eine automatische Kostenberechnung oder Materialauflistung ermöglichen.

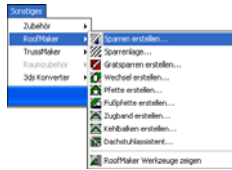


Abb. 6-16 - Roofmaker

6.5 Einrichtungsgegenstände

Einzelobjekte können in ArchiCAD importiert und als Symbole weiterverwendet werden (siehe 3DS-Konverter). Dies geschieht mit den gesamten Einrichtungsgegenständen, wie Leuchtern, Stühlen, Bänken, ect. Mit dieser Methode werden die gesamten Details als reine Geometrien importiert. Jene Elemente, welche zusätzlich zur Geometrie, auch fachliche Informationen enthalten, müssen neu modelliert werden.



Abb. 6-17 – GDL-Kronleuchter in ArchiCAD

7 Ausblick

Am Ende der Arbeit angelangt, kann festgestellt werden, dass eine *Virtuelle Rekonstruktion* einer Synagoge zweifelsohne zu einer Rückbesinnung zerstörter und bereits vergessener Synagogen beiträgt. Besonders durch Effekte und computergestützte Präsentationen können Personen in Gedanken an den Ort nicht mehr existenter Prachtbauten versetzt werden. Durch das Konzept des „*Virtuellen Gebäudemodells*“ werden neben rein geometrischen Informationen auch zahlreiche zusätzliche Fachinformationen gespeichert. Dieses Datenmodell (hier *ArchiCAD* Format) stellt das größte Potential und die Basis für jegliche zukünftigen Arbeitsprozesse dar.

Grundlage für jegliche Weiterverarbeitung ist das Modellieren der Gesamtszene (Kapitel 2). Zu Beginn werden recht abstrakte Baukörper erstellt und diese durch detaillierte ersetzt. Erst durch ein späteres Ersetzen und Konkretisieren nimmt der Zeichnende Fortschritte wahr. Es gibt somit unterschiedliche „*Virtuelle Baustellen*“ an denen gearbeitet wird: Nach Abschluss des allgemeinen, abstrakten Modellierens werden unter anderem Fenster, Geländer, Treppen, dekorative Elemente, ect. vervollständigt und eine komplette Gesamtszene erzeugt.

Bei der vorliegenden *Virtuellen Rekonstruktion* spielt der Umgang mit komplexen Datenmengen eine entscheidende Rolle. Je nach verwendeter Software entstehen Projektfiles von rund 100MB (Megabyte). Dabei beanspruchen dekorative Elemente, wie Erhöhungen und Vertiefungen an Wand- und Deckenelementen bereits über 20MB an Speicherplatz. Bei weniger leistungsstarker Hardware empfiehlt es sich für das Modellieren entweder in unterschiedlichen Dateien zu arbeiten, oder auf spezielle Details zu verzichten – bei der gegenständigen Rekonstruktion wurden aktuelle Softwarepakete und Hardwarekonfigurationen eingesetzt.

In Kapitel 3 (*Texturieren und Rendern der Gesamtszene*) werden beinahe reale Raumeindrücke des virtuellen Gotteshauses geschaffen. Neben rein zeichnerischen Kenntnissen bedarf es hier auch computergrafischer Informationen. Der Umgang mit Belichtungen und Materialeinstellungen ist dabei entscheidend; ebenso müssen Malereien an Decken und Wänden mit entsprechender Qualität erstellt werden. Erst sobald alle Einflussgrößen berücksichtigt und justiert sind, kann eine photorealistische Darstellung generiert werden.

Beim Rendern von Einzelszenen werden hohe Ansprüche an die Rechenleistung gestellt. Hier bietet es sich an, über ein lokales oder externes Netzwerk Renderings zu erstellen. Je nach zugewiesenen *Materialien, Lichtquellen, Caustics, Geometrien*, ect. kann ein Erstellen eines Bildes mit einer hohen Auflösung (z.B. 1280 x 1024) rund eine halbe Stunde bis mehrere Stunden dauern.

Nach erfolgreichem Texturieren kann die komplexe Szene mit wenigen Handgriffen animiert werden (Kapitel 4). Es muss angemerkt werden, dass das Generieren des Filmes zahlreiche Stunden und Tage an Rechenzeit benötigt. Die notwendigen Vorbereitungen sind im Vergleich dazu relativ schnell abgeschlossen. Besonders bei hohen Auflösungen und zahlreichen Effekten ist ein Rendern mit mehreren Rechnern sinnvoll.

Der im Zuge dieses Projektes erstellte Kurzfilm unterstreicht die These, dass besonders durch bewegte Bilder, Raumstimmungen und Emotionen vergangener Tage vermittelt werden können. Durch gezielte Kameraeinstellungen, animierte Effekte und akustische Untermalungen kann ein vergessener Ort virtuell neu geschaffen werden.

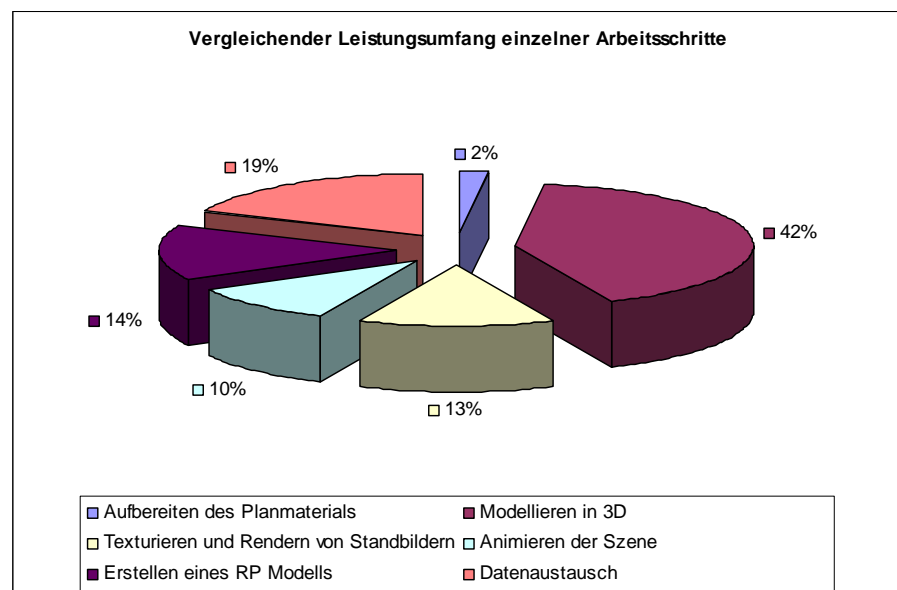
Zu den in Kapiteln 3 und 4 beschriebenen Präsentationsmöglichkeiten stellt ein physisches Modell einen klaren Unterschied dar. Visualisierungen und Animationen stellen im Computer zwar dreidimensionale Daten dar, beim Betrachten herrscht jedoch kein „räumliches Bild“. Dafür werden Holographietechniken zum Einsatz gebracht. Eine holographische Abbildung kommt nicht einem physischen Modell gleich; diese stellt ein virtuelles, in den Raum projiziertes Objekt dar. Beim 3D Druck wird aus Computerdaten ein texturiertes, aus Schichten zusammengesetztes, greifbares Objekt ausgegeben. Bei dieser Art der Präsentation sind die Vorbereitungen für ein späteres Generieren bedeutend. Berücksichtigt werden unter anderem der maximal druckbare Bereich und der Detaillierungsgrad des Modells, sowie modellbautechnische Aspekte, wie Verbindungen und Anschlüsse.

In den Kapiteln 3, 4 und 5 werden grundsätzlich Möglichkeiten zur Weiterverarbeitung der dreidimensionalen Daten aufgezeigt – unter anderem das Texturieren und Erstellen photorealistischer Renderbilder, das Animieren der Gesamtszene und das Fertigen eines Rapid Prototyping Modells. Andere Möglichkeiten sind beispielsweise Simulationen einzelner Bauteile aus konstruktiver/statischer Sicht, ein Berechnen von Raumvolumen oder Flächen, eine Massenberechnung

oder gebäudetechnische Simulationen – z.B. bauphysikalische Berechnungen.

In Kapitel 6 kann festgestellt werden, dass das geometrische Basismodell in jegliche Art von Programmen importiert werden kann. Logischerweise ist je nach Datenformat und Schnittstelle ein Aufbereiten der Daten erforderlich. Das geometrische Modell stellt dabei die Basis für weitere Forschungsaktivitäten dar. Wie bereits in Kapitel 6 erwähnt, ist ein „*Virtuelles Gebäudemodell*“ aus bautechnischer Sicht mit unzähligen Informationen und Parametern bestückt. Dieses bietet im Vergleich zu einem rein geometrischen Modell einen großen Vorteil.

Nachfolgendes Diagramm vergleicht die einzelnen Arbeitsprozesse nach deren Leistungsumfang. Hier ist anzumerken, dass je nach Komplexität des Projektes und je nach Detaillierungsgrad der Geometrie die Prozentsätze etwas schwanken können. Das Diagramm stützt sich auf Daten des vorliegenden Projektes und stellt keinen generellen Vergleich dar. Aus diesem Diagramm ist sofort ersichtlich, dass der Modellierprozess den größten Anteil der erbrachten Leistungen umfasst.



Er ist die Grundlage für jegliche Weiterverarbeitung. Ebenso stellt das „*Virtuelle Gebäudemodell*“ einen Baustein digitaler Archivierung dar und ermöglicht jede ergänzende Analyse nicht mehr real existenter Bauten.

Auf der beiliegenden DVD (Innenseite Buchrücken) sind die gesamten Renderings, Animationen und Planunterlagen zu finden.

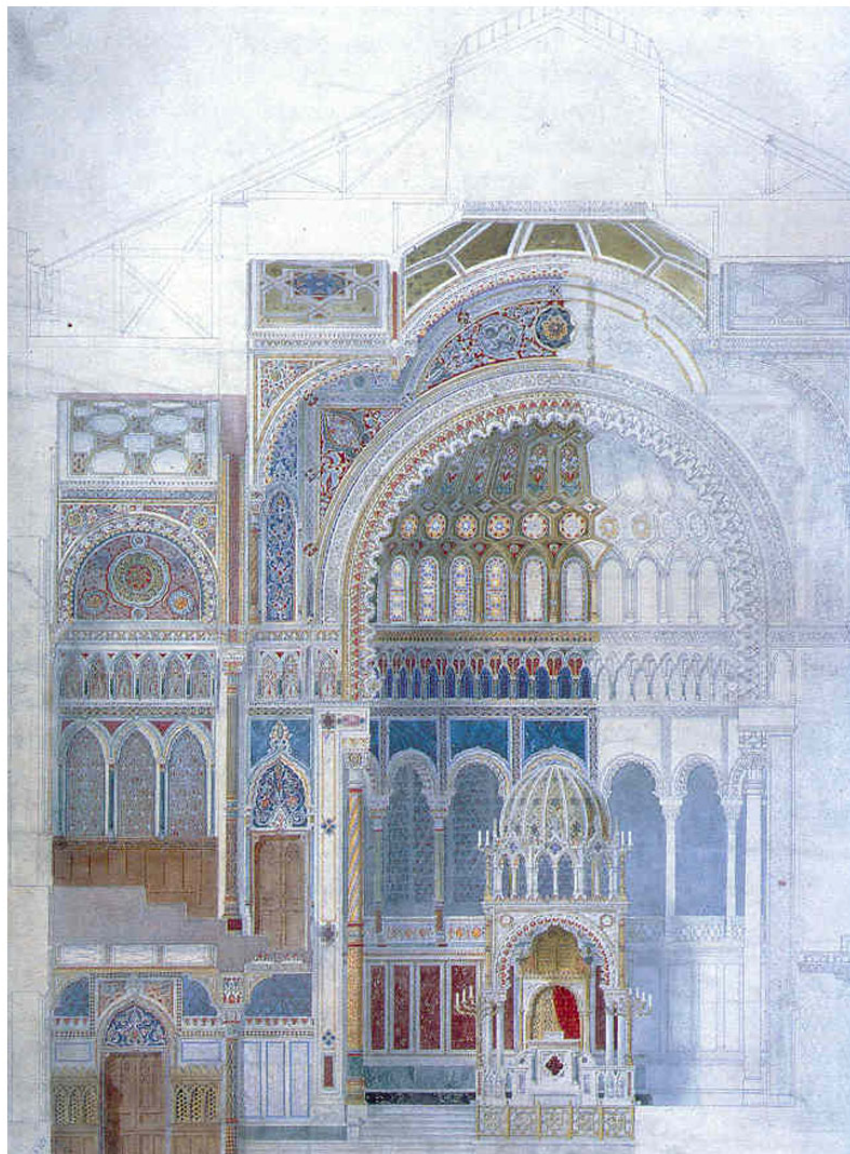
8 Referenzen

- [1] Martens, Bob; Peter, Herbert (2002). *Developing Systematics Regarding Virtual Reconstruction of Synagogues*. Wien. Quelle: Conference ACADIA 2002 Proceedings pp. 349-356
- [2] Peter, Herbert (2001). *Die Entwicklung einer Systematik zur virtuellen Rekonstruktion von Synagogen* [Diplomarbeit TU Wien]. Wien: Selbstverlag.
- [3] Priebornig, Heinz (2000). *Hochbau I für Architekten 2. + 3. Teil*. Wien: Selbstverlag.
- [4] Agurell, Kenth (2003). *Intellectual property FZDC 4.0 Eng*. Örebro, Sweden: Selbstverlag
- [5] <http://130.83.168.36/synagogen/main.php> (Mai 2005)
- [6] Müller, Werner; Vogel, Gunther (2002). *dtv-Atlas Baukunst*. Bielefeld. Deutscher Taschenbuch Verlag.
- [7] <http://www.jgb.ch/> (Mai 2005)
- [8] Geneè, Pierre (1992). *Synagogen in Österreich*. Wien: Löcker Verlag.
- [9] Geneè, Pierre (1987). *Wiener Synagogen (1825 – 1938)*. Wien: Löcker Verlag.
- [10] Krinsky, Carol Herselle (1988). *Europas Synagogen: Architektur, Geschichte und Bedeutung*. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt.
- [11] Schwarz, Hans Peter (1988). *Die Architektur der Synagoge*. Stuttgart: Ernst Klett.
- [12] <http://www.synagogen.info/> (Mai 2005)
- [13] Pottmann, Helmuth (2004). *Erschließung neuer Geometrien für Architekten*. Wien: Selbstverlag.
- [14] Wehrberger, Günther (2004). *Interoperabilität in der Bauplanung*. Wien: Selbstverlag.
- [15] Seitz, Stefan (2001). *Maxon Cinema 4D Art & XL7. Visualisierung und Animation von CAD-Konstruktionen*. München: Addison-Wesley.

Anhang

In diesem Abschnitt sind das *Quellmaterial der Wand- und Deckenmalereien*, sowie verwendete *Planunterlagen der Währinger Synagoge* zu finden.

- Schwarz, Hans Peter (1988). Die Architektur der Synagoge. Stuttgart. Ernst Klett. S. 209 (Abb. 234 Berlin, Synagoge Oranienburger Straße. Innenraumstudie)

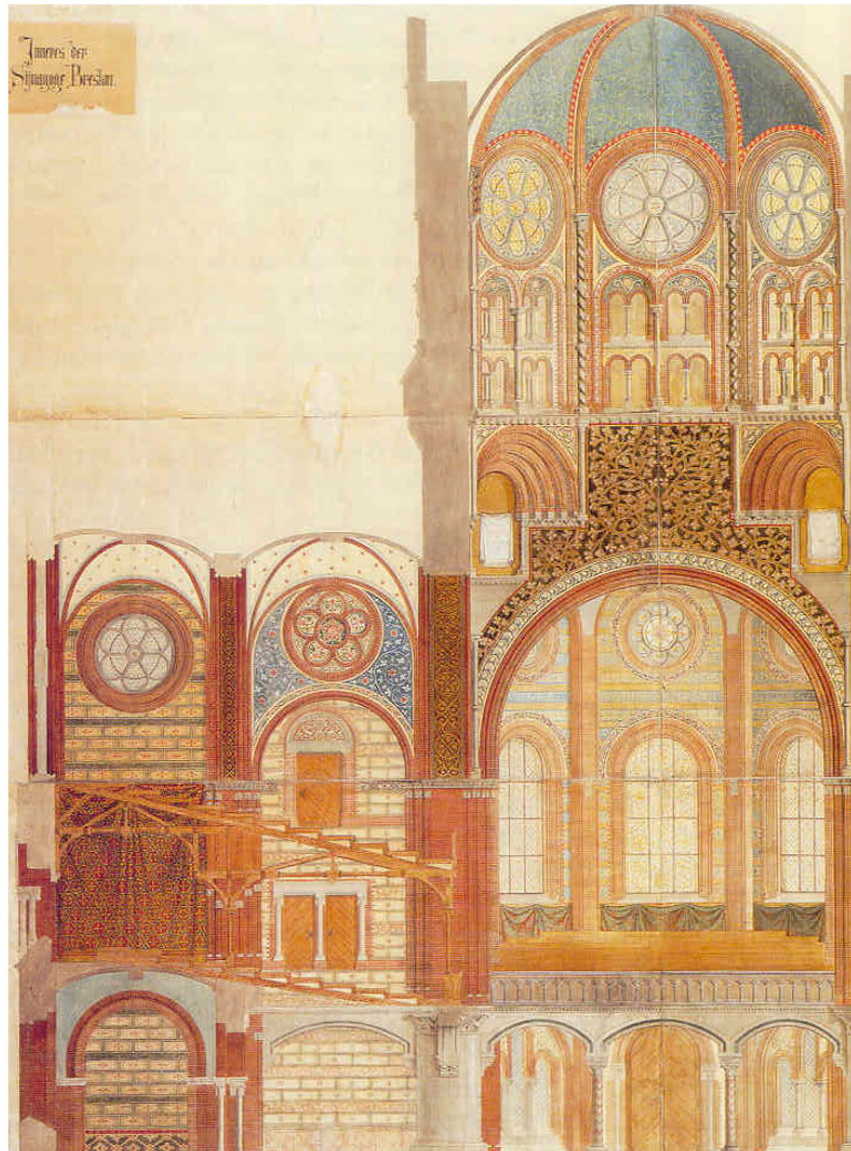


Bildausschnitt:

- Schwarz, Hans Peter (1988). Die Architektur der Synagoge. Stuttgart. Ernst Klett. S. 209 (Abb. 234 Berlin, Synagoge Oranienburger Straße. Innenraumstudie)



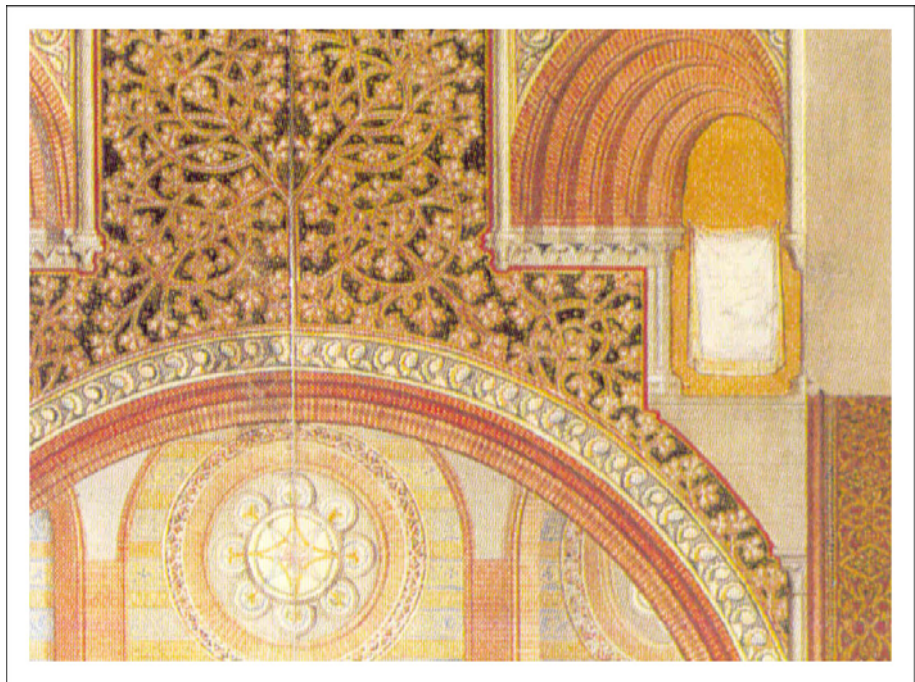
- Schwarz, Hans Peter (1988). Die Architektur der Synagoge. Stuttgart. Ernst Klett. S. 227 (Abb. 244b Breslau, Synagoge Längsschnitt (Apsis nicht ausgeführt). Um 1870. Architekt: E. Oppler.)



Bildausschnitte:

- Schwarz, Hans Peter (1988). Die Architektur der Synagoge. Stuttgart. Ernst Klett. S. 227 (Abb. 244b Breslau, Synagoge Längsschnitt (Apsis nicht ausgeführt). Um 1870. Architekt: E. Oppler.)





Originalscan und Bildausschnitt:

- Schwarz, Hans Peter (1988). Die Architektur der Synagoge. Stuttgart. Ernst Klett. S. 245 (Abb. 258 Aschaffenburg, Synagoge. Um 1890. Entwurf für die Wandgestaltung.)

