

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/
Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Tech-
nischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

<http://www.ub.tuwien.ac.at>



The approved original version of this diploma or
master thesis is available at the main library of the
Vienna University of Technology.

<http://www.ub.tuwien.ac.at/eng>



Diplomarbeit

Virtuelle Rekonstruktion und interaktive Visualisierung des Leopoldstädter Tempels

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs unter der Leitung von
Ao. Univ.-Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr. techn. Bob Martens
E253, Institut für Architektur und Entwerfen

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Raumplanung und Architektur von

Andreas Schaukowitsch
Matrikelnummer: 00927931
schauko_a@hotmail.com
Wien, September 2018

Kurzfassung

Diese Diplomarbeit befasst sich mit dem in den Novemberpogromen 1938 zerstörten Leopoldstädter Tempel. Nach einer genaueren Betrachtung des Tempels wird auf Basis erhaltener Unterlagen und geeigneter Referenzbauten ein möglichst detailgetreues 3D-Modell des Tempels mithilfe der Software ArchiCAD bzw. 3ds Max erstellt. Anschließend wird dieses Modell für eine Nutzung in einer Echtzeit-Engine überarbeitet und mithilfe der Unreal-Engine 4 eine interaktive Visualisierung erstellt, welche die besondere Architektur und Geschichte interaktiv vorstellt. Als Schwerpunkt dieser Arbeit werden die hierfür notwendigen, unter Architekten noch eher untypischen Arbeitsschritte vorgestellt, die Vorzüge und Nachteile der verschiedenen Ansätze aufgezeigt und versucht, die Frage zu klären, inwiefern die Anwendung einer Echtzeitengine in der Architekturbranche bzw. in diesem speziellen Fall gerechtfertigt ist. Außerdem wird ein Ausblick auf gegenwärtige und zukünftige Entwicklungen in diesem Bereich gegeben.

Zusätzlich wird in einem kurzen Überblick das Wiener Judentum vorgestellt und in zwei Exkursen die Techniken einer Echtzeitvisualisierung näher erklärt.

Abstract

This diploma thesis deals with the Leopoldstädter Tempel, which was destroyed in the November pogroms of 1938. After a closer look at the temple, a detailed 3D model of the temple is created using the software ArchiCAD and 3ds Max, based on preserved documents and suitable reference buildings. Subsequently this model is revised for use in a real-time-engine. A interactive visualization is then created using the Unreal Engine 4, which shows the special architecture and the history of the building interactively. The focus of this work is to present the workflow which is still rather untypical for architects, highlighting the advantages and disadvantages of the different approaches and trying to clarify the question of whether the application of a real-time engine is justified in the architecture sector. There is also an outlook given on current and future developments in this area.

In addition, a brief overview of Viennese Judaism is presented and two excursuses about the techniques of a real-time visualization are given.

Vorwort des Verfassers

Den in dieser Arbeit behandelten Leopoldstädter Tempel, sah ich, da ich nicht aus Wien stammte, erstmalig in einer Kunstgeschichte Vorlesung im zweiten Semester. Sofort zog mich diese Synagoge mit der charakteristischen Erscheinung in ihren Bann und sie blieb mir im Gedächtnis verankert. Jede Stadt konnte stolz sein, so ein prächtiges Bauwerk zu beheimaten. Das nächste in der Vorlesung gezeigte Bild der zerstörten Synagoge zeigte aber auch, zu welchen Gräueltaten der Mensch fähig ist. Durch diverse Umstände wurde mir die Möglichkeit zuteil, dieses Bauwerk im Zuge meiner Diplomarbeit behandeln zu dürfen.

Es war mir klar, dass dieser, durch die Geschichte so extrem aufgeladene Ort, etwas ganz Besonderes verdient:

Ich beschäftige mich nun schon seit meiner frühen Jugend mit „Echtzeitgrafiken“. Von Vielen als süchtig-machende Videospiele verrufen, sah ich darin eine Möglichkeit, mich kreativ auszudrücken und virtuelle Welten zu erschaffen – das „Spielen“ an sich wurde nur mehr zur Nebensächlichkeits- viel mehr Spaß bereitete das Erstellen von „Maps“ in verschiedenen Editorumgebungen.

Dies war nicht zuletzt ein Grund für mich, Architektur zu studieren, denn auch hier werden (vor dem Bau eines Gebäudes) „virtuelle“ bzw. nur in den Köpfen der Architekten existierende „Welten“ geschaffen.

Für mich war und ist es unerheblich, ob ein Gebäude nur virtuell existiert. Im Laufe meiner Architekturausbildung fühlte ich mich weiterhin zu den digitalen Kursen am meisten hingezogen. Mich fasziniert es, dass man mit den heutigen technischen Mitteln, wie z.B.: Virtual-Reality ein Gebäude innerhalb weniger Tage bzw. noch während des Entwurfprozesses „betreten“ und „erfahren“ kann.

Ich weiß, dass ein Architekt eigentlich danach streben sollte, ein Gebäude auch in Wirklichkeit zu errichten - jedoch befindet sich unsere Welt in einem Umbruch und auch Architekten „virtueller Bauwerke“ werden wohl immer wichtiger werden. So werden heutzutage Architekten bspw. bereits in der Videospiele-Produktion eingesetzt, denn sie haben die notwendige Ausbildung um virtuelle Gebäude auch wirklich „richtig“ aussehen zu lassen.¹ Außerdem hat die Echtzeitgrafik in den letzten Jahren einen immensen technischen Schub erhalten, sodass sich diese Visualisierungen schon bald nicht mehr von vorberechneten Bildern unterscheiden lassen wird.

Schon lange war mir demzufolge bewusst, dass sich meine Masterthesis diesem Thema widmen muss.

Ich wollte den Tempel daher einerseits mit Hilfe einer BIM-Software rekonstruieren (im Programm ArchiCAD der Firma Graphisoft), wie es heutzutage in der Architekturbranche Usus ist, aber andererseits wollte ich ihn auch wirklich wieder begehbar und erlebbar machen – und zwar mit Hilfe der Echtzeitengine „Unreal-Engine 4“, welche auch außerhalb der Videospiele-Szene immer stärkeren Anklang findet. Ich möchte das Projekt so einem größeren Publikum zugänglich machen und es nicht bloß auf die Architekturszene beschränken.

Es erfüllt mich mit großer Freude, in meiner Masterthesis bzw. in diesem umfassenden Projekt meine persönlichen Interessen so vereinen zu können. Umso dankbarer bin ich daher darüber, dass mich meine zwei Betreuer (Bob Martens & Herbert Peter) in diesem „Experiment“ über die Jahre voll unterstützten und es als wertvolle Erweiterung ihrer langen Forschungsarbeit erkannten.

Eine der größten Herausforderungen war die Ausarbeitung dieser schriftlichen Arbeit selbst, denn hier mussten die digitalen Prozesse wieder analog auf Papier präsentiert werden. Die größte Frage, die sich mir hierbei stellte, war, auf welchem Wege ich die diversen komplexen Arbeitsschritte einer Echtzeitvisualisierung ungeübten Lesern erklären soll- selbstverständlich können nicht alle Grundlagen komplett erklärt werden. Ich entschied mich daher für zwei kompakte separate Exkurse am Ende dieser Arbeit, die als Einführung in die Welt der Echtzeitgrafik gedacht sind. Es werden hier die am wichtigsten erscheinenden Begriffe und Prozesse erklärt.

Erschwerend war, dass die Arbeit über den Zeitraum von zwei Jahren erstellt wurde und dabei Unmengen von Informationen gesammelt wurde. Dadurch kann leider nicht ins Detail auf jeden Punkt eingegangen werden, ohne den Umfang zu sprengen. Ich habe folglich versucht, vor allem die, von den üblichen Arbeitsweisen meiner KollegInnen des Forschungsprojekts abweichenden, Mechanismen und wichtigen Schritte darzulegen.

Zuletzt noch eine Anmerkung zur Lesbarkeit der Arbeit: Aufgrund diverser großer Abbildungen wurde kurz vor Abgabe die Entscheidung getroffen, die Arbeit aufgrund der besseren Lesbarkeit in dem A3-Format zu drucken. Logischerweise befinden sich nun zwei A4 Seiten auf einem Blatt - somit sind zwei verschiedene Seitenzahlen auf einer einzigen A3-Seite sichtbar.

Andreas Schaukowitsch

¹ <https://www.archdaily.com/774210/maria-elisa-navarro-the-architectural-consultant-for-assassins-creed-ii>, abgerufen am .04.09.2018

1. Einleitung und Zielsetzung	1
2. Der Leopoldstädter Tempel	3
2.1 Über den Architekten	3
2.2 Baugeschichte	5
2.2.1 Eine neue Zentralsynagoge	5
2.2.2 Die Synagoge im Wandel	9
2.3 Baubeschreibung	13
2.3.1 Die bauliche Gesamtsituation	13
2.3.2 Die Außengestaltung des Ensembles	14
2.3.3 Die Innenraumaufteilung und natürliche Belichtung	16
2.3.4 Die Innenraumgestaltung von Förster 1858-1898	17
2.3.5 Die Innenraumgestaltung von Stiassny 1898-1921	18
2.3.6 Die Innenraumgestaltung nach dem Brand 1921-1938	19
2.3.7 Tragende Struktur	19
2.3.8 Sonstige Besonderheiten	21
2.3.9 Unterschiede Einreichpläne - Ausführung	23
2.4 Der Baustil	23
2.4.1 Ein orientalischer Stil	23
2.4.2 Der Bauboom Mitte des 19. Jahrhunderts	25
2.4.3 Der Sichtziegelbau	27
2.4.4 Die Stilfrage anhand des Leopoldstädter Tempels	29
2.4.5 Der Vorwurf der Fremdartigkeit	32
3. Die Recherche	35
3.1 Verfügbare Unterlagen für die Rekonstruktion	35
3.2 Auswahl von vergleichbaren Gebäuden	35
4. Die virtuelle Rekonstruktion	41
4.1 Erstellung	41
4.1.1 Erstellen eines Referenz-Modells in 3ds-Max aus den Plänen	42
4.1.2 Verwendung Photogrammetrie	44
4.1.3 Skalierungsproblem	45
4.1.4 Erstellung komplexer Geometrie in 3ds Max für die Nutzung in ArchiCAD	46
4.2 Rekonstruktion genauer betrachtet	48
4.2.1 Außen Westfassade	49
4.2.2 Außen Hofseitige Fassade	49
4.2.3 Außen Dach	49
4.2.4 Außen Seitentrakte Fassade	49
4.2.5 Innen Ostwand	50
4.2.6 Innen Thoraschrein	50
4.2.7 Innen Längswände	51
4.2.8 Innen Galerien, Säulen und Brüstung	51
4.2.9 Innen Vorraum + Säulen	52
4.2.10 Erschließungszonen / Stiegenhäuser	52
4.3 Rekonstruierte Pläne	53
5. Die visuelle Rekonstruktion - Erstellung des Modells in Unreal	61
5.1 Vorbereitungen	62
5.1.1 Bearbeiten des Modells aus Archicad	62
5.1.2 Texturen für das Projekt	66
5.2 Export aus 3ds Max / Import und Platzierung in der Unreal Engine	69
5.3 Materialien	70

5.4 Beleuchtung, Reflexionen und Postprocessing	76
5.5 Sonstiges	78
5.6 Ergebnisse	81
5.7 Zukunftsaussichten - Echtzeitvisualisierung	84
5.7.1 One-Click Lösungen (geschlossene Umgebungen)	84
5.7.2 Offene Echtzeitengine (z.B.: Unreal-Engine)	85
5.8 Unterschiede BIM- / Echtzeitmodell	86
6. Die interaktive Visualisierung in der Unreal Engine	89
6.1 Hardware-Vorraussetzungen	89
6.2 Besondere Projekteinstellungen	90
6.3 Die Steuerungsmöglichkeiten	90
6.4 Der Aufbau der Visualisierung	92
6.5 Levels und enthaltene Logik genauer betrachtet	93
6.5.1 StartupMap (StartupMap)	93
6.5.2 Loading-Map (LoadingMap)	96
6.5.3 Intro bzw. Hauptmenü (IntroMap)	96
6.5.4 Tutorial (Master_Tutorial)	98
6.5.5 Virtuelles Museum (Master_Museum)	99
6.5.6 Der virtuelle Besuch (Master_Visit)	101
6.6 Levelunabhängige Logik, Objekte und Diverses	104
6.6.1 Die „Game-Instance“	104
6.6.2 Der „Character“, die Bewegung und das Navmesh	105
6.6.3 Interaktion	107
6.6.4 Bp_Loadingmap	110
6.6.5 Lokalisation	110
6.7 Plugins	112
6.8 Ergebnisse	113
7. Artlantis Visualisierung	117
7.1 Bemerkenswertes	117
7.2 Ergebnisse und Vergleich mit der Unreal-Visualisierung	119
8. Resümee und Schlusswort	123

A.	Exkurs: Die Geschichte der Wiener Juden bis 1938	127
B.	Exkurs: Texturen und ihre Erstellung	139
B.1	Physically-Based-Rendering und die dazugehörige Texturen	140
B.2	Weitere für eine Echtzeitvisualisierung benötigte Texturen	144
B.3	Einführung in die Erstellung von Texturen	147
B.3.1	Wichtige Maps für die Erstellung von Texturen	147
B.3.2	Der „Baking“-Prozess	149
B.3.3	Prozedurale bzw. semi-prozedurale Erstellung für Texturen	150
B.3.4	Händische Erstellung von Texturen	155
B.3.5	Verwendung von Photogrammetrie zur Erstellung von Texturen	155
C.	Exkurs: Einführung in die Unreal Engine	159
C.1	Die Arbeitsumgebung und das „Level“-System	160
C.2	Aufbereitung von Modellen	164
C.2.1	Überarbeiten der Geometrie	164
C.3	Erstellen von TexturkoordinatenWW	165
C.4	Import von Modellen, Texturen, etc.	169
C.5	Kollisionsmodell	170
C.6	Materialien und „Decals“	171
C.6.1	Der Material-Editor	171
C.7	Beleuchtung, Reflexionen und Postprocessing	176
C.7.1	Beleuchtung	176
C.7.2	Reflexionen	180
C.7.3	Postprocessing	180
C.8	Das Scripting	181
C.8.1	Klassen und Funktionen	181
C.8.2	Wichtige Klassen für eine ArchitekturVisualisierung	183
C.8.3	Variablen	183
C.8.4	Blueprint-Scripting und Events	184
C.8.5	Action Events/Axis Mappings	187
C.8.6	Kommunikation	188
C.8.7	Diverse Blueprint-Nodes	191
C.9	Matinee und Sequenzer	193
C.10	Das „Widget-System“	194
C.11	Das Navmesh	195
C.12	Audio	195
C.13	Optimierung	196
C.13.1	Erstellen von LODs	197
C.14	Ein Projekt fertigstellen / „publishen“	199
C.15	Abschliessende Worte zur Einführung	199
D.	Quellenverzeichnis	200
E.	Abbildungsverzeichnis	202



Abb. 1-1.:Tempel um 1910

1. EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Der Leopoldstädter Tempel in Wien war ein beeindruckendes Meisterwerk architektonischer Baukunst. Er war das Herz der jüdischen Gemeinde in der Leopoldstadt und diente als Vorbild für zahlreiche weitere Synagogen. Er ging - ebenso wie fast alle Synagogen Österreichs - durch die Zerstörung der Nationalsozialisten für immer verloren.

Rückblickend werden die Zerstörungen in der Nacht vom 9. auf den 10. November 1938, wofür die Nazis den zynischen Euphemismus „Reichskristallnacht“ schufen, von Historikern als der Beginn der gezielten Auslöschung der jüdischen Bevölkerung gesehen² - diese Nacht wurde stellvertretend für all die unmenschlichen Taten, die noch folgen sollten. Die Auseinandersetzung mit den Ereignissen ist äußerst komplex – die architektonische Auseinandersetzung mit der zerstörten Substanz ist da wohl noch die Einfachste - dennoch hat auch sie einen wichtigen Anteil daran, diese schreckliche Zeit nie in Vergessenheit geraten zu lassen.

Umso mehr Relevanz hat das Projekt, welches von Bob Martens und Herbert Peter seit 1998 zusammen mit KommilitonInnen erarbeitet wird, mit dem Ziel alle zerstörten Synagogen Österreichs und der Umlande digital am Computer zu rekonstruieren.

Auch diese Arbeit wird sich in diese Synagogenrekonstruktionen einreihen, wobei hier aber zusätzlich versucht wurde, mit Hilfe einer „Echtzeitvisualisierung“ - einer immer häufiger auch in der Architekturbranche angewendete Technik - in andere Gebiete der medialen Auseinandersetzung mit der Geschichte vorzustoßen. Am Ende der Arbeit wird dann abschließend ein Urteil gefällt, inwiefern diese Technik für Architekten zur Zeit sinnvoll ist. Da die Architekturbranche Echtzeitvisualisierungen erst in den letzten Jahren als neues Medium der Informationsvermittlung erkannt hat, ist ein Blick über den Tellerrand eines Architekten notwendig und es werden sicherlich auch Prozesse gezeigt, die nicht den typischen Arbeitsprozessen eines Architekten entsprechen, jedoch in der Visualisierungsindustrie immer mehr Fuß fassen.

Die Synagoge wurde im Rahmen einer Diplomarbeit³ bereits behandelt, jedoch gibt es neue Erkenntnisse und auch die technische Weiterentwicklung machten eine neue Arbeit nötig. Der Verfasser möchte sich für die Vorarbeit und die Recherche herzlich bedanken, denn auf dieser Arbeit konnte aufgebaut werden.

² <https://orf.at/stories/2205177/2205176/> abgerufen am 1.4.2018

³ Computerunterstützte Rekonstruktion des Leopoldstädter Tempels, Daniela Wallmüller, Dipl.-Arbeit, TU Wien, 2001

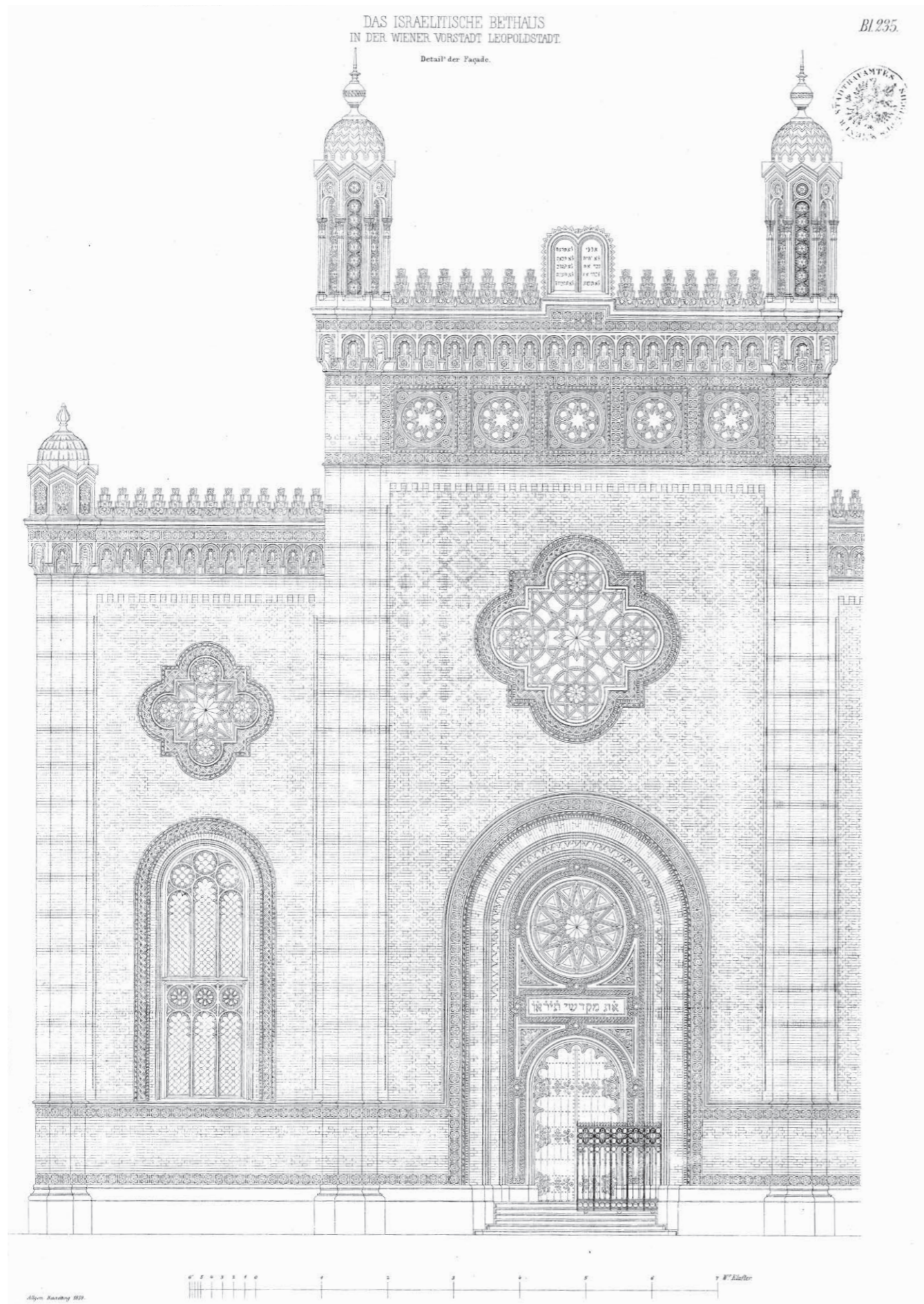


Abb. 2-1: „Das israelitische Bethaus in der Wiener Vorstadt Leopoldstadt“, Straßenfassade



Abb. 2-2: Ludwig Förster

2. DER LEOPOLDSTÄDTER TEMPEL

Dieses Kapitel widmet sich dem Leopoldstädter Tempel ins Detail, angefangen bei seiner ereignisreichen Geschichte bis zu seinem genauen Erscheinungsbild. Zuvor wird jedoch kurz auf den Architekten eingegangen.

2.1 ÜBER DEN ARCHITEKTEN

Die Arbeit wäre ohne ein separates Kapitel über den Architekten des Tempels natürlich unvollständig. Da aber bereits häufig in aller Ausführlichkeit in anderen Publikationen über ihn berichtet wurde⁴ und es daher wenig Neues über ihn zu berichten gibt, folgt hier nur eine kurze Zusammenfassung und Einordnung:

Am 8. Oktober 1797 wurde Ludwig Christian Förster (Abb. 2-2) als Sohn einer Oberförster-Familie in Ansbach bei Bayreuth (Deutschland) geboren.

Nachdem er das Gymnasium in Ansbach abgeschlossen hatte ging er 1816 an die Königliche Akademie der bildenden Künste in München. Relativ mittellos kam er schließlich 1818 nach Wien, wo er die Architektenschule unter Peter v. Nobile an der Akademie der bildenden Künste besuchte und auch in das Atelier Nobiles eintrat. Die nächsten Jahre arbeitete er als Korrektor an der Akademie.

Ab 1828 leitete er eine lithographische Anstalt und beschäftigte sich intensiv mit dem Eisenhüttenwesen und dem Zinkgewerbe. 1830 heiratete er Maria Schmid und aus der Ehe entsprangen 6 Kinder.⁵

1836 gründete er die „Allgemeine Bauzeitung“ mit Unterstützung des Hofbauamtes, das für Jahrzehnte wichtigste Publikationsorgan des Bauwesens in der Monarchie, welche sich um den künstlerischen Nachwuchs und die Durchsetzung technischer Neuerungen bemühte. Diese Zeitung diente aber natürlich auch dazu, Försters eigene Projekte einem breiten Publikum zugänglich zu machen (es handelt sich daher um eine frühe Form von „PR“). Erst ab 1839/40 arbeitete er selbst als freischaffender Architekt. In seinem Atelier waren u.a. auch Otto Wagner und Theophil Hansen beschäftigt, welchen er aus Athen zu sich berufen hatte und welcher schließlich sogar zu seinem Schwiegersohn wurde.

⁴ Aus folgenden Biografien zusammengefasst: Werkdokumentation Christian Ludwig Ritter von Förster, Klaus Semsroth, Institut für Städtebau, Raumplanung und Raumordnung, Technische Universität Wien, Wien, 1985 / Virtuelle Rekonstruktion der Synagoge in Bzenec, Yıldız Tavacıoğlu, Dipl. Arbeit TU Wien, 2015

⁵ Die beiden Kinder Emil und Heinrich sollten schließlich selbst bekannte Architekten werden.

Ab 1839 ist eine Zusammenarbeit mit jüdischen Kunden belegt, z.B.: mit Baron Adolf Pereira. Für ihn plante er 1846 auch ein neugotisches Schlösschen in Königsstetten mit orientalischen Elementen.

Förster gilt als einer der bedeutendsten Initiatoren des Wiener Ringstraßenbaus und entwickelt bereits ab 1836 Stadterweiterungsprojekte in Eigeninitiative. Noch vor der eigentlichen Ringstraßenplanung schlug er vor, die Votivkirche am Glacis zu errichten.

Von 1843 bis 1846 wirkte er als Professor an der Wiener Akademie der bildenden Künste.

Schlussendlich wurde sein Plan für die Ringstraße zusammen mit Friedrich August von Stache und dem Team Sicardsburg und van der Nüll als Siegerprojekte von 1858 ausgewählt.

Diese Pläne verschmolzen durch eine Kommission schlussendlich zu dem heute bekannten Grundplan. Von Förster stammt z.B.: die Idee der Museen gegenüber der Hofburg und die der Rossauerkaserne am Donaukanal.⁶

Kurze Zeit vor seinem Tode wurde er am 14. Juni 1863 vom Kaiser, durch die Verleihung des Ordens der eisernen Krone dritter Klasse, in den Adelsstand erhoben.^{7 8}

Am 16. Juni 1863 starb er im Alter von 66 Jahren in Gleichenberg in der Steiermark. Am 22. Juni wurde er auf dem Matzleinsdorfer Friedhof in Favoriten beigesetzt, aber sein Grab wurde bereits 1948 wieder aufgelassen.⁹

„Ludwig Förster united traditional aesthetic values with a modernist penchant for the use of new materials and methods of construction. He argued that the quest for beauty must respect function, and architecture must reflect the technical methods used. In some ways he was a modernist (...)“¹⁰

Obwohl Ludwig Förster durch seine Pionierleistungen und vielfältigen, innovativen Interessen ein wichtiger Baumeister Wiens war und als der maßgebliche Planer der Ringstraße und als Entdecker von Hansen und Wagner gilt, geriet er relativ schnell in Vergessenheit. Heute findet sich sein Name öffentlich nur mehr in der nach ihm (und seinem Sohn) benannten „Förstergasse“ im 2. Bezirk wieder.

⁶ https://austria-forum.org/af/Biographien/F%C3%B6rster%2C_Ludwig_Christian_Ritter_von, abgerufen am 03.09.2018

⁷ <https://www.deutsche-biographie.de/sfz69795.html>, abgerufen am 16.04.2018

⁸ Nicht ganz eindeutig geklärt, manche Quellen sprechen davon, dass er erst einen Tag nach seinem Tod geadelt wurde, z.B.: Werkdokumentation Christian Ludwig Ritter von Förster, Klaus Semsroth, Institut für Städtebau, Raumplanung und Raumordnung, Technische Universität Wien, Wien, 1985, S. 11 oder <http://www.architektenlexikon.at/de/1061.htm#Werke>, abgerufen am 16.04.2018

⁹ https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wien/stadtleben/555619_Der-vergessene-Architekt.html

¹⁰ The Great Synagogue of Budapest, Rudolf Klein, Hungarian edition TERC Kft., Budapest, 2008, S. 81

2.2 BAUGESCHICHTE

2.2.1 EINE NEUE ZENTRALSYNAGOGE

Durch den immer stärkeren Zuzug von Juden aus den Königsländern in die Reichshauptstadt (siehe Exkurs A auf Seite 127) platzte der vorhandene Tempel in der Seitenstettengasse aus allen Nähten und die Gemeinde musste vor allem an hohen Festtagen teils private Gotteshäuser aufschließen, um den frommen Bedürfnissen zu genügen.¹¹

Daher wurde sobald wie möglich der Bau einer zweiten, größeren Zentralsynagoge angestrebt. Schon kurz nach ihrer (provisorischen) Gründung in 1849 kaufte die Kultusgemeinde in weiser Voraussicht Mitte 1851 ein Grundstück in der Leopoldstadt.

Die Entwicklung dieses Bauplatzes und der Umgebung über die Jahre bis zum Bau des Tempels ist rechts dargestellt. (Abb. 2-3 bis Abb. 2-6)

„Dem Vernehmen nach hat die hiesige israelistische Kultusgemeinde bereits ein Haus in der Leopoldstadt gekauft [genauer gesagt Nr. 569], um mit dem seit vielen Jahren schon gefühlten Bedürfnisse eines zweiten Bethauses zu genügen. Von den 10,700 Israeliten wohnt fast die Hälfte in der Leopoldstadt. Das Haus soll das in der neu eröffneten schönen Straße sein, welche die Jägerzeile mit der Ferdinandsstraße verbinden.“¹² [gemeint ist die Wallischgasse, die heutige Tempelgasse]

Die Leopoldstadt entwickelte sich schnell zum Zentrum des Wiener Judentums im 19. Jahrhundert. Vor dem 1. Weltkrieg waren sogar fast 50% der dort lebenden Bevölkerung Jüdisch-stämmig.¹³ Daher erschien eine Zentralsynagoge dort sehr sinnvoll, auch wenn man durch die Konzentration eine erneute Ghettoisierung befürchtete.¹⁴

Konkrete Verhandlungen über einen dortigen Synagogenbau folgten in der IKG jedoch erst 1853, da man nebenher einen anderen Bauplatz gesucht hatte. Liebend gerne hätte man eine prächtige und große Synagoge innerhalb der Stadtmauern gesehen.

¹¹ Die Presse vom 16.06.1858, S. 4

¹² Allgemeine Zeitung des Judenthums 14.06.1851 S.5

¹³ https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/J%C3%BCdisches_Leben_in_Wien, abgerufen am 08.06.2018

¹⁴ Allgemeine Zeitung des Judenthums 14.02.1853 S. 6

Das Grundstück vor 1858



Abb. 2-3: Grundstück im Jahr 1710

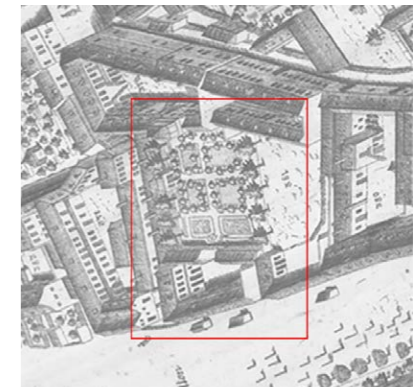


Abb. 2-4: Grundstück im Jahr 1773



Abb. 2-5: Grundstück im Jahr 1822



Abb. 2-6: Grundstück im Jahr 1858

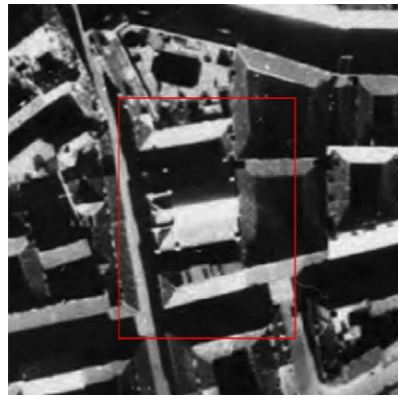


Abb. 2-7: Grundstück im Jahr 1938



Abb. 2-8: Grundstück im Jahr 1946



Abb. 2-9: Grundstück im Jahr 1956



Abb. 2-10: Grundstück im Jahr 2016

„Diese Woche war eine gemischte Sitzung (...), welche über den Bau eines neuen Tempels verhandelte. (...) Ferner machte man geltend, daß nachdem die Herren Mannheimer und Sulzer zumeist die Anziehungskraft im Tempel ausüben, so solle man in der inneren Stadt einen großen Tempel bauen und den jetzigen gebe man der polnischen Schule. Indessen erheben sich dagegen finanzielle Schwierigkeiten und Herr Mannheimer stimmte dafür, dass eventualiter wenn sich binnen kürzester Frist kein schicklicher Platz in der inneren Stadt finde, so solle man den Bau des Tempels in der Leopoldstadt in Angriff nehmen; und dabei verblieb es vor der Hand.“¹⁵

Am 21.05.1853 wurde dann der Bau des Tempels in der Leopoldstadt durch eine Abstimmung endgültig beschlossen. (16 gegen 3 Stimmen¹⁶) Dabei sollte die Synagoge aufgrund der Dringlichkeit gegenüber den Seitentrakten Vorrang haben – der Vorstand wollte die Gemeinde so schnell es geht wieder unter einem neuen Gotteshaus vereint sehen, da es Bedenken gab, dass es durch die vielen unterschiedlichen Bethäuser zur Zersplitterung der Gemeinde kommen könnte. So steht etwa im Kreditauftrag zum Baue des neuen Tempels geschrieben:

„Ein zweites, geräumiges, würdiges Gotteshaus zu bauen, ist ein so ernstes Bedürfnis geworden, daß nur die äußerste Ungunst der Verhältnisse von dessen Realisierung abhalten könnte. (...) Niemand wird es verkennen, daß dem allmählig so angewachsenen Populationsverhältnissen unserer Gemeinde keine Gefahr so bedeutend drohe, als die, daß die Kräfte sich zersplittern und gemeinsames Handeln unmöglich wird. Es gilt dies namentlich vom Gottesdienste. Wer hat es nicht schon schmerzlich empfunden, daß der Mangel eines entsprechenden, großen Gotteshauses die kleinen Betstuben hervorrief, die ihrem Zwecke nur ungenügend entsprechen? Nur Wenigen ist es unbekannt, welche Uebelstände mit diesen Nothbehelfen eines geregelten Gottesdienstes verbunden sind, und die Frage ist leicht zu beantworten, ob man seine Andacht und Erhebung zu Gott in einem großen, würdig ausgestatteten Hause und unter geregelten würdigen Formen oder in engen Betstuben, und unter Beimischung störender Elemente feiern will.“^{17 18}

15 Allgemeine Zeitung des Judenthums 14.02.1853 S. 6

16 Allgemeine Zeitung des Judenthums 09.05.1853 S. 6

17 Allgemeine Zeitung des Judenthums 29.08.1853 S. 6

18 Dass diese Zerwürfnisse in Wirklichkeit aber nicht nur auf ein Raumproblem zurückgingen sei hier nur kurz erwähnt. Entscheidender war natürlich die unterschiedliche Auffassung der Religionsauffassung: Vor allem orthodoxe Juden konnten sich nicht mit dem in Wien herrschenden „Mannheimer-Ritus“ (auch „Wiener Ritus“ genannt) anfreunden. (Dieser versuchte beidermaßen die konservative wie auch die nach Reformen-strebende

Dennoch gab es auch nach der Abstimmung weiterhin viele Debatten innerhalb der Gemeinde über den Standort.¹⁹ Zur raschen Umsetzung wurde alsdann ein großer Kredit aufgenommen.

„So eben hat der Vorstand der hiesigen Gemeinde einen sehr beredeten Aufruf ergehen lassen, um ein bedeutendes Aktienkapital zur Erbauung eines zweiten Bethauses (Tempel) zusammen zu bekommen. Man zweifelt nicht an dem glücklichen Erfolge. (...) Das Kapital soll 300.000 Fl C.M. [Gulden-Conventionsmünze, ca 750.000 Gulden Wiener Währung], betragen, mit 5-Prozent verzinst und vom Jahre 1860 an mit mindestens 2 Prozent vom Kapitalbetrag getilgt werden.“²⁰

Daraufhin wurde rasch eine Baukommission gegründet und ein Architekturwettbewerb („Concurs“) ausgerufen, welchen der Architekt Ludwig Förster gewinnen konnte. Er setzte sich hierbei gegen seinen ehemaligen Partner Hansen und vier weiteren Architekten durch. (Hansen schlug einen moscheearartigen Bau mit Minaretten vor, Abb. 2-11)

Försters Pläne galten als „künstlerisch schön, praktisch und rücksichtlich des Geld-Postulates als billig“.²¹ Schon bald wurden sie zur Genehmigung eingereicht.

„Der Plan zum neuen Tempel wurde bereits vom Cultusministerium genehmigt und auf Veranlassung des H. Chefs der obersten Polizei ist die Angelegenheit Sr. Majestät vorgelegt worden. Es ist aber kein Zweifel, dass die Sache gebilligt wird, (...).“²²

In einem Entschluss wurde der Jüdischen Gemeinde dann der Bau der Synagoge erlaubt.

„Wien, 5.Mai. In diesem Augenblick wird mir die Nachricht zu Theil, daß der Kaiser die angesuchte Bewilligung zu einem neuen Tempelbau ertheilt hat. Derselbe wird nun auch sofort in Angriff genommen werden, und zwar nach einem sehr schönen und kunstsinnig gearbeiteten Plane des Architekten Förster. (...)“²³

Gemeinde zu einen) - so kam es im Nachhinein dennoch zu Aufsplitterungen.

19 Allgemeine Zeitung des Judenthums 10.10.1853 S.6 oder Allgemeine Zeitung des Judenthums 08.05.1854 S.8

20 Allgemeine Zeitung des Judenthums 29.08.1853 S.6

21 Die Otto Wagner-Synagoge in Budapest, Ines Müller, Verlag Löcker, Wien, 1992, S. 23

22 Allgemeine Zeitung des Judenthums 24.04.1854 S.8

23 Allgemeine Zeitung des Judenthums 15.05.1854 S.8

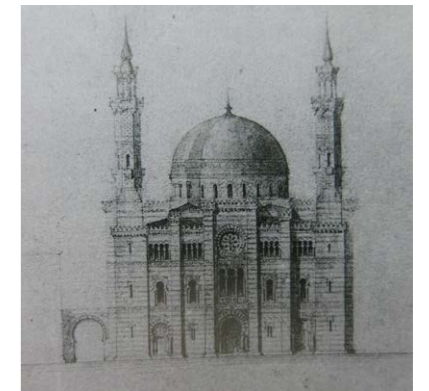


Abb. 2-11: Hansens Wettbewerbsentwurf

Im Herbst 1854 begann dann das Abbrechen des alten Hauses und das Fundament wurde im Mai 1855 gelegt²⁴.

Es gab zahlreiche Verzögerung während des Baues. So z.B.: durch einen Beamten, der auf das alte Gesetz hinwies, dass die Front nicht-christlicher Gebetshäuser nicht zur Straße gerichtet sein dürfte - was aber so nicht stimmte:

„Wien, 1. December (...) Der Neubau des Tempels hat sich wieder um etwas verzögert. Bei der amtlichen Commission, die jüngst gehalten wurde, hat ein Beamter geltend gemacht, daß die Front nicht nach Außen sein darf, und berief sich dabei auf ein Gesetz. Man wies denselben auf Brünn und Pesth, doch es nützte nichts. Der Vorstand war genötigt, auf's Neue bei den Behörden darum zu petitioniren, und wie ich Ihnen mittheilen kann, theilen die Behörden nicht das Bedenken des einzelnen Beamten und die Fronte wird nach Außen sein.“²⁵

Auch der Liefertermin der benötigten eisernen Elemente durch die beauftragte Erzherzogliche Industrial-Verwaltung in Teschen wurde nicht eingehalten, sodass der Bau kurzzeitig sogar ruhte. Außerdem forderte Ludwig Förster, dass zuerst die Bestandteile für den Budapester Tempel angefertigt werden müssen.²⁶

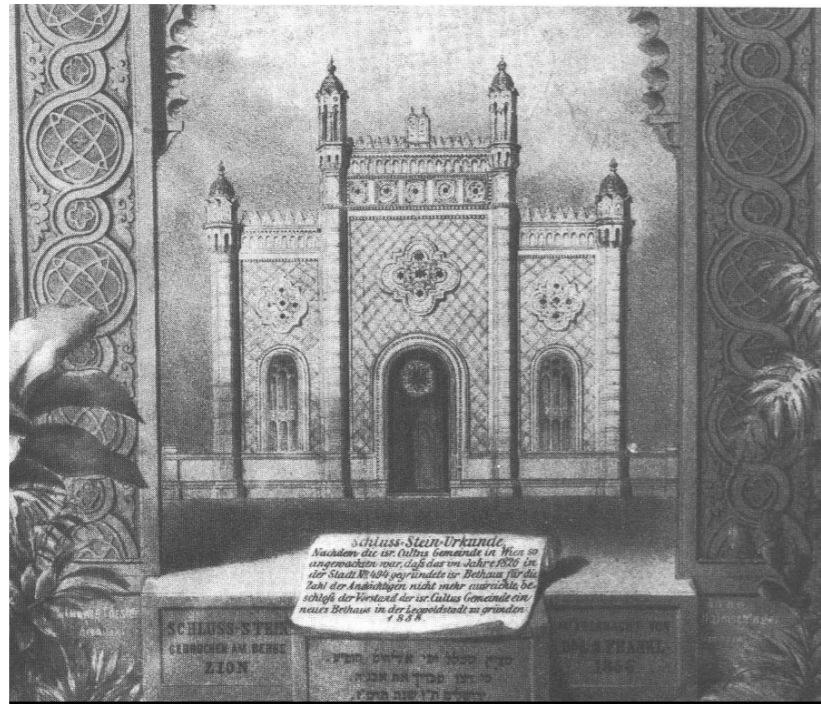


Abb. 2-12: Schluss-Stein-Urkunde

Die feierliche Legung des von Ludwig August Frankl vom Berge Zion geholten Schlusssteines wurde am 18.Mai 1858 began-

²⁴ Allgemeine Zeitung des Judenthums 06.11.1854 S.11

²⁵ Allgemeine Zeitung des Judenthums 11.12.1854 S.5

²⁶ <http://davidkultur.at/artikel/der-leopoldstadter-tempel>, 08.08.2018

gen²⁷. (Abb. 2-12) Ein kleines, mit dem Wappen Judas geschmücktes Kästchen wurde integriert, in welches u.A. die unterschriebene Gründungsurkunde, das Verzeichnis der Gemeindemitglieder und ein Verzeichnis der Spender des Baues gelegt wurde.²⁸

Am 15. Juni 1858 wurde der Leopoldstädter Tempel²⁹ dann feierlich im Rahmen eines prächtigen Gottesdienstes eröffnet.

„Der Glanz und die Weihe der schönen Feierlichkeit wird gewiß in der Erinnerung Aller, welche derselben beiwohnten, noch lange fortleben.“³⁰

2.2.2 DIE SYNAGOGE IM WANDEL

Der Brand des Ringtheaters am 8. Dezember 1881 lenkte die Aufmerksamkeit der Behörden auf alle öffentlichen Bauten, da neue Sicherheitsvorkehrungen (auch den Brandschutz betreffend) eingehalten werden mussten. Durch die Auflagen aus einer kommissionellen Untersuchung mussten so auch im Leopoldstädter Tempel einige bauliche Maßnahmen getätigt werden - z.B.: wurde über die nächsten Jahre die Gasbeleuchtung in eine Elektrische (ab 1893³¹, bereits 1903³² Generalsaniert) umgebaut und die sehr enge Bestuhlung aufgelockert. Auch eine eiserne Fluchttreppe wurde im Hof angebracht. Über das genaue Erscheinungsbild finden sich aber leider keine genaueren Aufzeichnungen.³³

1898 erfolgte unter Wilhelm Stiassny (Abb. 2-13) eine Renovierung und verstärkte Ornamentierung des Innenraumes. Wilhelm Stiassny war selbst Jude und um die Jahrhundertwende für prächtige Synagogen verantwortlich (z.B.: 1904 Jerusalemsynagoge in Prag, 1893 Synagoge Leopoldsgasse in Wien, 1892 Synagoge in Gablonz³⁴)

²⁷ Allgemeine Zeitung des Judenthums 17.05.1858 S.10

²⁸ Allgemeine Zeitung des Judenthums 31.05.1858 S.9 & 10 bzw. Zwei Reden zur Schlusssteinlegung und zur Einweihung des neuen israelitischen Tempels in der Leopoldstadt am 18. Mai und 15. Juni 1858, Adolf Jellinek, A. Knöpfmacher, Wien, 1858

²⁹ Hier sei kurz der Unterschied zwischen einem „Tempel“ und einer Synagoge erklärt: So bezeichnen orthodoxe Juden ihr Gotteshaus als Synagoge, da sie den Tempel in Jerusalem wiedererrichten wollen und sich daher dieser Begriff nur auf diesen einen „Tempel“ beziehen kann. Reformierte Juden hingegen haben diesen Wunsch abgelegt und bezeichnen ihr Gotteshaus selbst als „Tempel“.

³⁰ Morgen Post, 16.06.1885, S.2

³¹ Neue Freie Presse, 31.03.1893, S. 20

³² Die Neuzeit, 22.05.1903, S.4+5

³³ Die Neuzeit 24.11.1882, S. 2

³⁴ Siehe mehr: Virtuelle Rekonstruktion der Synagoge Jablonec nad Nisou (Gablonz an der Neiße), Maciej Roman Lazewski, Wien, Techn. Univ., Di-



Abb. 2-13: Wilhelm Stiassny

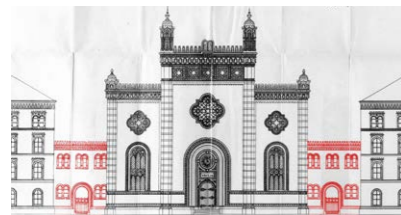


Abb. 2-14: Straßenansicht Einreichpläne 1905

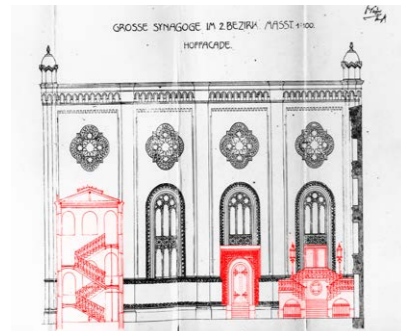


Abb. 2-15: Hofansicht Einreichpläne 1905



Abb. 2-16: Hof nach dem Brand

1903 sorgte ein Brand einer Gerätekammer für einen kleineren Schaden.³⁵

1905 gab es einige Adaptierungsarbeiten unter Oksar Marmorek, welche aber weniger umfangreich ausfielen, als sie ursprünglich geplant waren, denn die Pläne zum Umbau zeigen auch zwei, durch Verbindungsbauten an der Straßenfront geschlossene Höfe, die wohl als zusätzliches Stiegenhaus fungiert hätten. (Abb. 2-14 und Abb. 2-15) Diese wurden aber nicht umgesetzt. Unklar ist auch ob die in den Plänen eingezeichnete Stiege zu den Ehrenplätzen des Chores umgesetzt wurde, da auf dieser Seite keine Fotos existieren. Weiters ist unklar, ob die zwei zusätzlichen seitlichen Eingänge in der Mitte der zu den Hof orientierten Außenwände nicht bereits nach dem Ringtheaterbrand eingebaut wurden, da hier bereits davon gesprochen wurde, dass zusätzliche Ausgänge eingebaut wurden.³⁶

Auf Abb. 2-16 ist klar ersichtlich, dass kein Verbindungstrakt die Höfe trennte und dass der seitliche Eingang zusätzlich durch einen hölzernen Eingangsbereich erweitert wurde.

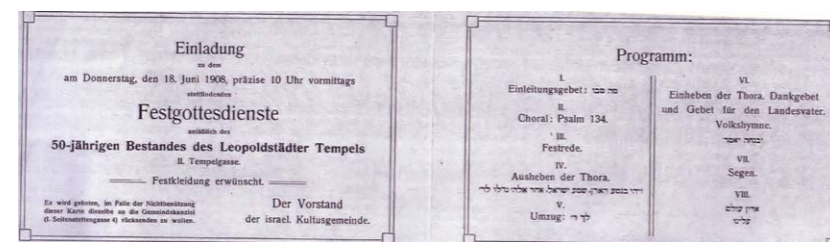


Abb. 2-17: Einladung zum 50-jährigen Jubiläum

Am 18. Juni 1908 wurde dann ein glänzendes Fest zum 50-jährigen Bestehen des Tempels gefeiert.³⁷ (Abb. 2-17) Ein Feuer, welches angeblich durch unerlaubtes Rauchen in der Synagoge während eines Gottesdienstes für Soldaten des ersten Weltkrieges ausgelöst wurde, beschädigte die Synagoge am 17. August 1917 schwer und die nördliche Frauengalerie wurde völlig zerstört. (Abb. 2-18 und Abb. 2-19)

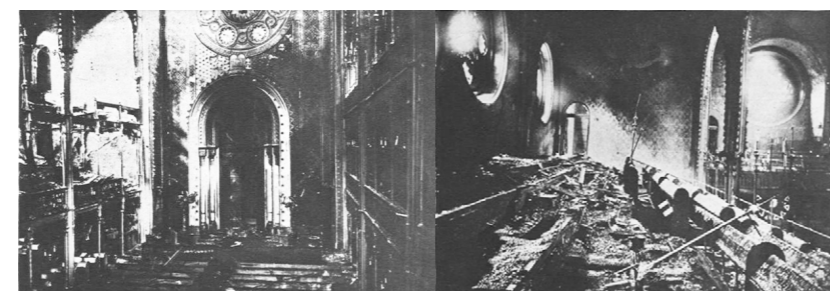


Abb. 2-18: Innenraum nach dem Brand 1

Abb. 2-19: Innenraum nach dem Brand 2

pl.-Arb., 2014

35 Reichspost, 27.01.1903, S. 4

36 Die Neuzeit 24.11.1882, S. 2

37 Jüdische Volksstimme, 1.6.1908, S. 6

Hierauf folgte eine Restaurierung, bei der die Ornamentierung des Innenraumes stark vereinfacht wurde. Am 1. Oktober 1921 wurde der Tempel dann wieder eingeweiht.³⁸

1926 konnte ein größerer Brand durch die Feuerwehr abgewendet werden. Eine Dippelbaumdecke fing im Bereich eines Kamins Feuer.³⁹

In der Pogromnacht vom 9. auf den 10. November 1938 wurde der Tempel schließlich vollständig zerstört.

Der nationalsozialistische Radioreporter Edon Walli berichtete für eine Sendung folgendes:

„Wien 10. November. Wir stehen mit unserem Mikrophon in dem großen Leopoldstädter Judentempel. Ihn heute noch so zu bezeichnen ist eigentlich etwas geschmeichelt. Denn die erbitterten Einwohner, arischen Einwohner dieses Bezirkes haben nach dieser ruchlosen Tat von Paris es sich nicht nehmen lassen, um auch hier ihren abgrundtiefen Hass gegen das Judentum zu bezeigen. Der Judentempel war in wenigen Minuten ein Raub der Flammen. Und wenn wir uns jetzt hier in diesem orientalischen Kuppelbau umsehen, dann ist von dem eigentlichen Tempel, von diesem prunkvollen und mit viel Geld erbauten Gebäude nur mehr das Gerippe, das alte Gerüst übriggeblieben. Und dieses Gerüst ist schon so baufällig, dass das Wahrzeichen des Judentums auf das sie besonders in Wien so stolz waren, hoffentlich in wenigen Tagen zur Gänze mit dem Erdboden gleichgemacht wird, und zur Gänze hier in Wien verschwinden wird. Die Wiener Bevölkerung, die immer mit erbittertem Grimm in der Tempelgasse an diesem Prunkbau vorbeigegangen ist, steht jetzt auf der Straße und jeder möchte gerne hereinsehen, möchte sich überzeugen wie es hier aussieht und ob tatsächlich alles so ist wie es ihnen ums Herz ist – nämlich so, dass man es nicht wieder aufbauen kann. (...)“⁴⁰

Der desolate südliche Seitentrakt wurde schließlich 1951 geschliffen und durch ein Wohnhaus (Desider-Friedmann-Hof) ersetzt.⁴¹

38 Neues Wiener Tagesblatt, 2.10.1921, S. 10

39 Das kleine Blatt, 20.1.1929, S.6

40 Niederschrift eines Ausschnittes der Radiosendung vom 10.11.1938, <https://www.mediathek.at/portaltreffer/atom/150F322E-313-0013B-00000B14-150E37B7/pool/BWEB/>

41 https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Leopoldst%C3%A4dter_Tempel_Synagoge_der_Israelitischen_Kultusgemeinde_2,_Tempelgasse_3



Abb. 2-20: Im zerstören Tempel

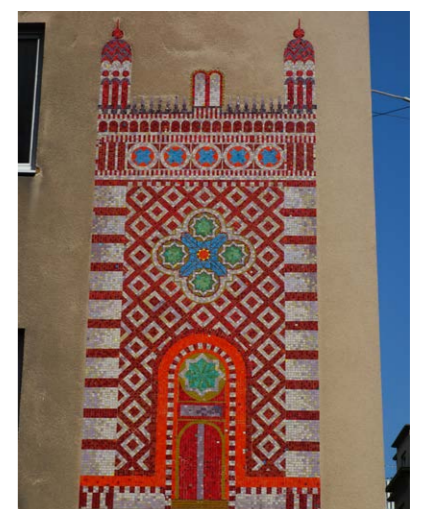


Abb. 2-21: Abbildung des Tempels am Desider-Friedmann-Hof

Nur der nördliche Seitentrakt überstand die Zeit relativ unverändert. (Abb. 2-22)



Abb. 2-22: Der erhaltene nördliche Seitentrakt

Aktuell befindet sich am Gelände das sozialmedizinische Zentrum ESRA, das seit 1994 als Beratungs- und Behandlungszentrum für die Überlebenden der NS-Verfolgung und deren Nachkommen dient. (Abb. 2-23)



Abb. 2-23: Die heutige Situation

1998 wurde das von Martin Kohlbauer geplante „Memorial“ in Form von vier Stelen errichtet. (Abb. 2-24)

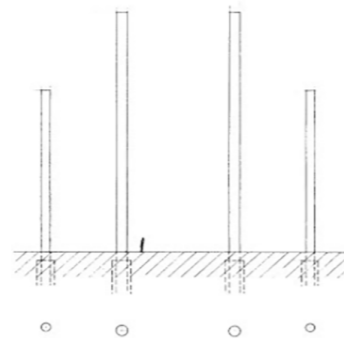


Abb. 2-24: Projekt „Memorial“

2.3 BAUBESCHREIBUNG

Die Nachwelt hat heute ein fast vollständiges Bild des Tempels. Zu verdanken ist dies neben den vielen Abbildung in Form von Fotos und Malereien auch vielen schriftlichen Überlieferungen. Veränderte sich das Erscheinungsbild des Außenraums so gut wie gar nicht über die Jahre, war dies im Innenraum der Fall. Im wesentlichen lassen sich diese Veränderungen des Innenraums in drei Phasen einteilen:

1. Die von Förster geplante Synagoge
2. Die durch Renovierung veränderte Synagoge
3. Die Sanierung nach dem großen Brand



Abb. 2-25: Der Tempel nach 1900

2.3.1 DIE BAULICHE GESAMTSITUATION

Im Gegensatz zum Stadttempel, welcher aufgrund der damals geltenden Vorschriften für „Toleranzbethäuser“ noch eingebettet und verborgen im Hofe einer Blockrandbebauung errichtet werden musste, war der Leopoldstädter Tempel das erste jüdische Gotteshaus in Wien, welches auch von der Straßenseite ersichtlich sein durfte. Zwei Flügelgebäude bildeten den Anschluss zur Nachbarbebauung, dazwischen – getrennt durch zwei schmale Höfe – die sie überragende Synagoge. Förster geht auf die Bausituation folgend ein:

„(..), daß die ganze Anlage durch die Lokalverhältnisse nichts weniger als begünstigt ist. Der von der Gemeinde angekaufte Platz wurde zum Aufbau des Tempels nebst Lokalitäten theils für Beamte der Gemeinde, theils für andere Parteien bestimmt. Da der Tempel mit dem Chor, dem Ritus gemäß, die Richtung nach Osten erhalten mußte, so blieb unter den gegebenen Raumverhältnissen nichts anderes übrig, als den Hauptbau in die Mitte und zwar nach der längeren Seite hin zwischen zwei Höfe zu setzen, um dem Lichte möglichst freien Zutritt zu verschaffen und für die Fronte in der nur 30 Fuß breiten Gasse eine wenn auch beschränkte Totalübersicht zu erlangen. (...)“⁴²

Durch diese geschickte Platzierung der Baukörper schuf Förster eine optische Freistellung der Synagoge - der engen Bebauung und der engen Straße zu trotz. Jedoch täuschen die Pläne und Bilder der damaligen Zeit sichtlich eine andere Situation vor: In Abbildungen wurde die Synagoge beinahe alleinstehend bzw. die Tempelgasse viel breiter gezeichnet, als sie in Wirklichkeit



Abb. 2-26: Der Tempel 1880



Abb. 2-27: Tempel vor 1900



Abb. 2-28: Der Tempel 1860

⁴² Allgemeine Bauzeitung, 1859, S.14

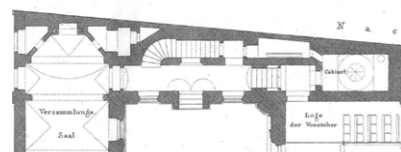


Abb. 2-29: Verbindung Synagoge/nördlicher Seitentrakt

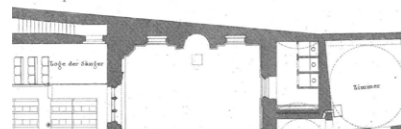


Abb. 2-30: Blendmauer im südlichen Hof



Abb. 2-31: Blendmauer im südlichen Hof

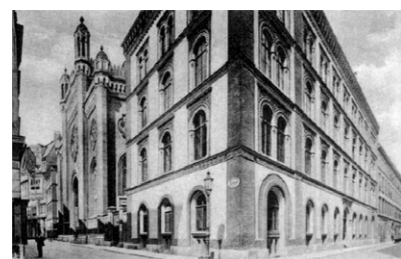


Abb. 2-32: Tempel und südlicher Seitentrakt vor 1900



Abb. 2-33: Die Fliesenmuster

war – man wollte anscheinend einen repräsentativen Vorplatz vortäuschen und sich so Gleichrangig mit prächtigen Kirchenbauten, Schlössern etc. proklamieren. Diesen Vorwurf kann man aber nicht allen Abbildungen jener Zeit machen: Da der nördliche Seitentrakt erst nach der Vollendung der Synagoge errichtet wurde und das nördlich benachbarte Grundstück zusätzlich unbebaut war, war ein großzügiger Blick auf die Synagoge durchaus über eine längere Zeit möglich. Dies ist auch auf einigen Bildern ersichtlich. z.B.: Rudolf von Alts Bild (Abb. 2-28) ist in dieser Zeit (um 1860) entstanden. Auch die Sicht auf den Turm der nahe-gelegende Leopoldskirche von der Tempelgasse aus war so für eine gewisse Zeit durchaus möglich. (Abb. 2-26)

Auf Grund der einschneidenden Höfe konnte nur der nördliche Seitentrakt durch eine innere Erschießung mit der Synagoge verbunden werden. Die Verbindungsmauer im südlichen Hof zwischen Synagoge und südlichem Seitentrakt wies nur Blendfenster auf um die Symmetrie aufrecht zu erhalten. (Abb. 2-30 und Abb. 2-31)

Erst 1898 erhielt die Synagoge mit dem von Oskar Mamorek errichteten Nestroyhof einen nördlichen Nachbar.

2.3.2 DIE AUSSENGESTALTUNG DES ENSEMBLES

Da sich das Äußere der Synagoge über die Jahre nicht grundlegend verändert hat, gilt folgende Architekturbeschreibung für die ganze Zeit des Bestehens.

Bevor über die genaue Erscheinung der Synagoge berichtet wird, seien kurz die **Seitentranke** betrachtet: Die vier-geschosigen Seitentrake waren relativ schlicht gestaltet. Eine gezielte Sockelzone mit rundböigen Fenstern, welche von der Sockelzone durch umlaufende Ziegelfaschen gefasst wurden. Die horizontale Gliederung der Geschosse darüber übernahmen Kordongesimse mit Terrakottafliesen (wobei sich das Motiv pro Geschoss ändert - siehe Abb. 2-33) und ein Zahnschnittfries unter einem mächtigen, auskragenden Hauptgesimse (Maschikuli⁴³-ähnlich), schloss die Fassade gen oben hin ab.

Die vertikale Gliederung wurde durch materialsichtige Lisenen aus Sichtziegeln erreicht, welche die Ecken betonten. Die 43 Maschikuli (deutsch auch Pechnase) nennt man eine aus den Außenmauern von mittelalterlichen Festungsbauten auskragende, auf Konsolen aufliegende, Wurf- oder Gussöffnung. Mithilfe dieser Öffnungen in den Zwischenräumen konnten die Verteidiger Angreifer im Falle eine Belagerung mit heißem Pech überschütten. Als Zierrat sind sie in stilisierter Form an vielen dem Historismus zuzuordnenden Bauten zu finden und ähneln einem mächtigen Rundbogenfries.

Felder zwischen den Gesimsen und den Lisenen waren weiß verputzt und schufen einen Kontrast zum Sichtziegel und den Terrakottaelementen.⁴⁴

Außerdem erzielte Förster eine optische Überhöhung durch Verfälschung der Perspektive, indem die Elemente nach oben kleiner wurden - So wurden die Fenster pro Geschoss kleiner bzw. die Gesimse dünner.

Nun folgt die Betrachtung der **Synagoge**:

Die kubische Form des Tempel entstammte dem Salomonischen Tempel (Abb. 2-34), eine besonders nach dem Bau des Leopoldstädter Tempels gern gewählte Form im Synagogenbau. In ihm wurde zu jener Zeit das Idealbild einer Synagoge gesehen, auf dass sich alle anderen Synagogenbauten berufen sollten.⁴⁵ An den Außenwänden befanden sich vertikale Betonungen an den Joch-Endpunkten: Die beiden Hof-seitigen Außenwände betonten Lisenen und vier eingelassene achteckige Säulen mit abwechselnden Streifen gelber bzw. roter Ziegel, welche von tempietto-artigen Laternen bekrönt wurden und somit an Minarette erinnerten, die Front. Die zwei mittleren Säulen des Mittelrisalites waren mächtiger in der Ausführung und sollten auf die alttestamentlichen Säulen des Tempels anspielen. Förster hierzu:

„Die Pfeiler, an den Ecken des Mittelschiffes in der Fassade mit Laternen gekrönt, sollen erinnern an die Säulen am Salomonischen Tempel, von denen geschrieben steht: „und er richtete zwei Säulen auf vor dem Tempel, eine zur Rechten, die andere zur Linken; und hieß die zur Rechten Jachim und die zur Linken Boas. Der aus uralter Zeit datirende Gebrauch, solche Säulen vor den Tempeln aufzustellen, ist in die arabische Baukunst übergegangen, wie wir denn solche in Form von Minarets (Leuchthürmen) bei den Orientalen überhaupt finden. Die Lokalverhältnisse gestatteten hier den Aufbau von eigentlichen Thürmen nicht, sie erlaubten eben nur eine symbolische Andeutung. Die am Abende lichterfüllten Laternen sollen die Gläubigen zum Gottesdienste einladen.“⁴⁶

Die Felder dazwischen wurden durch ein rautenförmiges Ziegelmuster betont. (Abb. 2-35)

Der Sockelbereich aus Kalkstein wurde durch umlaufende Fliesenstreifen betont und erhielt ein eigenes Ziegelmuster. Darüber teilten sich das Erd- bzw. erste Geschoss – analog zu der rundböigen Eingangsnische - große Rundbogenfenster. Das zweite Geschoss erhielt Vierpaßrosetten und eine besonders Große im Zentrum des Mittelrisaliten.

Darüber dient, wie bei den Seitentrakten, ein Zahnschnitt und ein mächtiges Hauptgesims als Abschluss, welches im Bereich

44 Vgl. Alt-Lerchenfelder Kirche

45 Allgemeine Bauzeitung, 1859, S.15

46 Allgemeine Bauzeitung, 1859, S.14 & 15



Abb. 2-34: Der Tempel Salomos (Rekonstruktion)

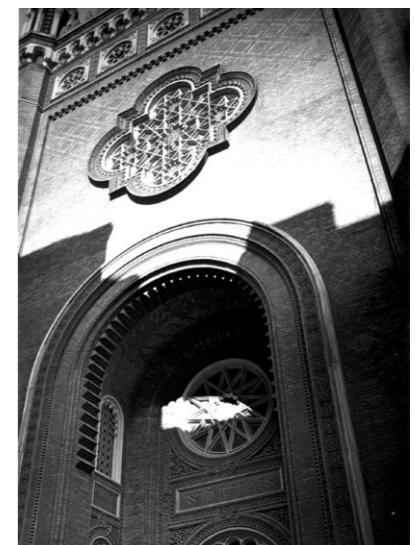


Abb. 2-35: Foto um 1910, die zwei acht-eckigen Hauptsäulen sind am Bildrand erkennbar

der Front durch krönende Zinnen „ausgefranst“ wurde. Der erhöhte Mittelrisalit nahm zusätzlich vier nebeneinanderliegende verzierte „Okkuli“ auf.

Am stärksten verantwortlich für das äußere Erscheinungsbild war sicherlich der Sichtziegel, welcher in rot und gelber Färbung und in den verschiedensten Mustern die Fassade durch seine Kontraste bestimmte. Für das Maßwerk und den Sockel verwendete man Muschelkalk, was einen weiteren Kontrast lieferte. Eingerahmt wurden viele Elemente durch plastische Ornamentbänder und Terrakottafliesen, welche, neben dem typischen Dekor historistischer Baukunst wie Eierstäbe, Muschelwerk etc., die gleichen Motive aufwiesen wie bei den Kordongesimse des Seitentrakts.

2.3.3 DIE INNENRAUMAUFTeilUNG UND NATÜRLICHE BELICHTUNG

Auch wenn die innere Aufteilung an einen Basilika- bzw. Kirchen-Typus erinnert⁴⁷, so geht sie laut Förster auf den Salomonischen Tempel zurück: Er teilte den Tempel drei Teile ein – eine Einteilung, wie sie schon der Salomonische Tempel aufgewiesen haben soll.

„Die Idee der Tempeleintheilung: Vestibule, drei Abtheilungen im Mittelschiffe und endlich das Allerheiligste ist dem Salomonischen Tempel entnommen, welcher nach der heiligen Schrift 20 Ellen in der Breite und 60 Ellen in der Länge maß und einen im Westen liegenden Chor hatte von zwanzig Ellen nach der Breite des Schiffes und ein Allerheiligstes, ebenfalls 20 Ellen nach der Breite des Schiffes.“⁴⁸

Dennoch stellte der Leopoldstädter Tempel in seinem inneren Aufbau einen typischen „reformierten“ Tempel dar.⁴⁹ So lag die Bima an der Ostwand anstatt im Zentrum und auch die Frauengalerien wurden ohne störendes Gitter ausgeführt. Da man von Förster forderte, die selbe Anzahl Frauen wie Männer im Tempel unterzubringen waren in den Seitenschiffen zwei Galeriegeschosse notwendig.

„Die Seitenschiffe sind ein Hauptforderniß des Tempels, weil es geboten war, für die Frauen eine eben so große Anzahl von Sitzen anzuordnen wie für die Männer, zu welchem Zwecke zwei übereinander befindliche Galerien hergestellt werden mußten. Während also der untere Tempelraum ausschließlich für Män-

47 vgl Gumpendorfer Gustav-Adolf-Kirche von Förster

48 Allgemeine Bauzeitung, 1859, S.15

49 in der Tradition der Jaobson'schen Reformation. Israel Jacobson baute den ersten, reformierten „Judentempel“ 1810.

ner bestimmt ist, sind die beiden Galerien für das weibliche Geschlecht reserviert.“⁵⁰

In Bezug auf die Belichtung brüstete sich Förster, dass die angelegten Höfe es ermöglichten, dass natürliches Licht ohne Probleme durch drei Oberlichter bzw. senkrechte Fenster in die Synagoge einfallen konnte.⁵¹ Bei genauer Betrachtung (vor Allem später in den Visualisierungen) wird aber ersichtlich, wie wenig Licht (in den für den Gottesdienst relevanten Stunden) wirklich bis ins Innerste vordringen konnte und wie Dunkel die Synagoge gewesen sein musste. Es kann also davon ausgegangen werden, dass eine künstliche Beleuchtung so-gut wie immer notwendig war – in den Jahren nach der Eröffnung erfolgte dies durch Gaskerzen.

2.3.4 DIE INNENRAUMGESTALTUNG VON FÖRSTER 1858-1898

Das Aussehen des Innenraums direkt nach der Eröffnung bleibt etwas ungewiss. Aus dieser ersten Zeit bestehen leider nur wenige Bilder des Innenraumes (Abb. 2-36 und Abb. 2-37) und die textliche Überlieferung Försters, welche eine wichtige Quelle darstellt. Die oben gezeigten Abbildungen dürften aber vor der Jahrhundertwende entstanden sein und so dem Originalzustand am ehesten entsprechen. Neben den vielen Zeitungsartikeln liefert Förster selbst die umfassendste Baubeschreibung in der bereits erwähnten Eröffnungsrede. Später folgte auch eine großzügige Beschreibung in seiner „ABZ“ (Allgemeinen Bauzeitung). Förster dürfte für seine Innenraumgestaltung eine eher konservative Gestaltung angedacht haben, welche durch orientalische Details (Kapitelle, Zackenbögen) akzentuiert wurde. Diese plastischen Ornamente waren bewusst platziert um die Architektur bzw. die Statik zu betonen – für eine orientalische Architektur ist dies eher untypisch und unterstreicht Försters Ursprünge. Der Umgang mit den Mauernfeldern dürfte auch relativ konservativ – der Zeit entsprechend – gewesen zu sein. (vgl. Arsenal Innenraumgestaltung), jedoch wird durch die Verwendung der Farben „Rot, Blau, Gelb und Grün“ („die Allhambra-Farben“) auch hier auf orientalische Bauten angespielt. Diese Farben fanden sich auch in den Fensterscheiben wieder.

„Die Malerei an den Plafonds ist nur mit reinen und ungemischten Farben, als: Roth, Blau, Gelb und Grün ausgeführt. So entschieden und dunkel auch jede derselben an und für sich genommen ist, so bildet sie doch in ihrer ganzen Zusammenstellung die Wirkung einer gemildert hellen Fläche. (...) Die Fenster haben

50 Allgemeine Bauzeitung, 1859, S.15

51 ebenda

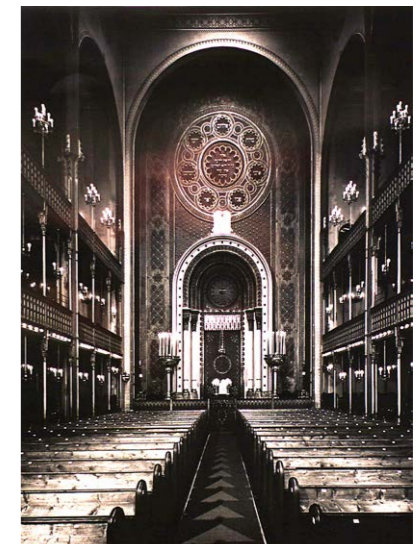


Abb. 2-36: Innenraum vor 1900

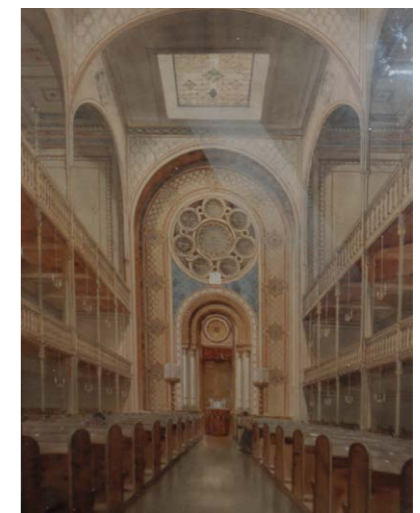


Abb. 2-37: Innenraum vor 1900

weiße, matt geschliffene Scheiben, denen kleine Quadrate von gelbem Glas eingefügt wurden; sie sind in Blei gefaßt und im Maßwerk eingelassen und verkitet. Nur die großen Rosettenfenster und einfallenden Lichter im Innern sind auch mit rothen und blauen Glasscheiben versehen.⁵²

Als Bodenbelag wurden eukastische Mosaikfliesen aus einer Fabrik in England verwendet. (Fabrik Minton)
Aufgrund des Zeitdruckes der Errichtung konnten jedoch nicht alle von Försters Wünsche erfüllt werden, sodass von einer schlichten Gestaltung ausgegangen werden muss, welche den Darstellungen in den Präsentationsplanen sehr nahe gekommen ist. Ursprünglich plante Förster eine stärkere Ausschmückung des Innenraumes, was aber durch den Zeitdruck zunichte gemacht wurde.

„Die Seitenwände sollten mit Stuckmarmor überzogen und dann sollte auf diesem Grund nach orientalischer Weise gemalt werden, als aber hiezu gestritten wurde, war das Gebäude noch zu feucht, und der Stuckmarmor hätte sich bald abgelöst. Die Seitenwände wurden daher vor der Hand mit einem Dessin von Verschlingungen und Palmen bemalt, in der Hoffnung, daß seiner Zeit die beantragte Marmorierung ausgeführt wird.“⁵³

2.3.5 DIE INNENRAUMGESTALTUNG VON STIASSNY 1898-1921

Der Stadtbaumeister Wilhelm Stiassny wurde für die Renovierung 1898 engagiert, die genauen Umstände sind leider nicht bekannt. Er ist heute für seine prächtigen, beinahe überladenen orientalisch wirkenden Synagogen bekannt. Diese Vorliebe hat auch bei der Renovierung des Tempels abgefärbt, denn unter Stiassny war der Leopoldstädter Tempel sichtlich am prunkvollsten und kam einem „ornamental überladenen orientalischen“ Bau am nächsten. Er füllte die vorher leer wirkenden Mauerflächen mit Arabesken und Mandalas auf, sodass der Tempel stärker typischen Synagogen der Zeit ähnelte (Stiassnys Jubiläumssynagoge oder die 1883 reich geschmückte Spanische Synagoge, beide in Prag), welche verstärkt auf maurische Elemente setzten. Ebenso wie in Stiassnys anderen Synagogen wurde auch hier nicht mit Goldlack gespart.

Von dieser Zeit sind insbesondere die seitlich gezeigten Bilder des Innenraums bekannt. (Abb. 2-38 und Abb. 2-39)

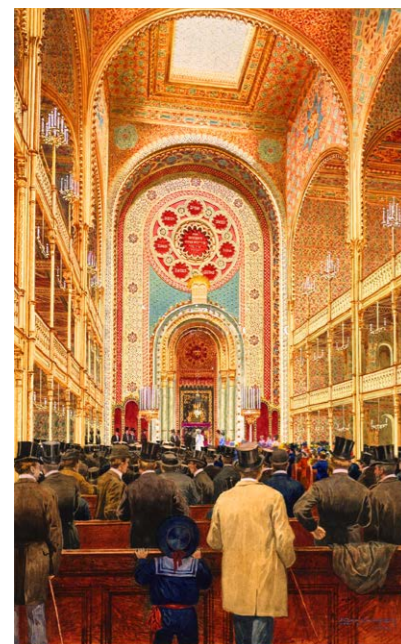


Abb. 2-38: Innenraum nach 1900, Maler: Emil Ranzenhofer

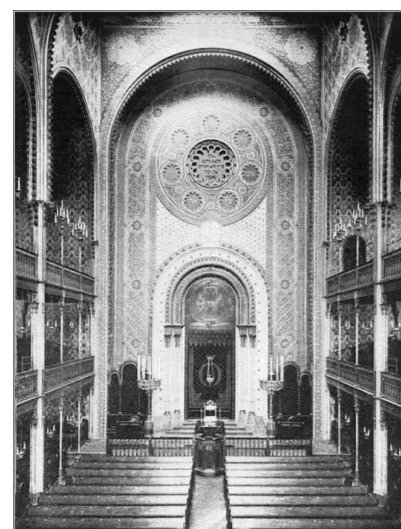


Abb. 2-39: Innenraum um 1910

52 Allgemeine Bauzeitung, 1859, S.15
53 ebenda, S.15 und S.16

Unklar ist, inwiefern er sich an Försters Vorstellungen hielt, welcher - wie vorhin erwähnt - bereits zum Bau eine stärkere Ornamentierung und Marmorierung der Flächen wünschte. Da Försters Werke aber eindeutig klassische historistische bzw. „Rundbogenstil-eske“ Züge aufweisen, ist es wohl unwahrscheinlich, dass er so eine Ausgestaltung gewählt hätte.

2.3.6 DIE INNENRAUMGESTALTUNG NACH DEM BRAND 1921-1938

Der verheerende Brand zerstörte einen Großteil der Innenausstattung. So brannte die nördliche Frauengalerie beinahe komplett nieder. Der Schaden war enorm und so waren - neben der durch den Verlust des Gebetsraumes auftretenden Raumnot, welche eine rasche Lösung erforderte - auch finanzielle Überlegungen ausschlaggebend für die Sanierung. Daher verwundert es nicht, dass in der Synagoge nur der nötigste Schmuck angebracht wurde. Selbst die so charakteristischen Zackenbögen wurden nicht mehr rekonstruiert. Die Synagoge machte so, durch ihre beinahe „nackten“ Wandflächen, einen beinahe „modernen“ Eindruck. Nur die Ostwandnische und einige Einrahmungen zeugten noch vom Glanze vergangener Tage. (Abb. 2-40)

2.3.7 TRAGENDE STRUKTUR

Das größte, teuerste und prächtigste jüdische Gotteshaus in Österreich war ein Beispiel für die Anwendung modernster Bautechniken. Durch den von der Tektonik losgelösten Stil konnte mit gusseisernen Elementen eine neue Konstruktions-technik ausgetestet werden. (Abb. 2-42 und Abb. 2-43) Die innere Ausformung war laut Förster nur durch die Verwendung von Guss- und Schmiedeeisen möglich. Förster hatte mit dieser Konstruktionsweise bereits beim Bau des Dianabades⁵⁴ (mit Partner Etzel) Erfahrung gemacht, sie war aber sehr untypisch für einen sakralen Raum. Eine Konstruktion aus Gusseisen für eine christliche Kirche war schwer vorstellbar (ein paar Jahre zuvor wurden die Säulen der Galerien der Gumpendorfer Kirche noch aus Holz erstellt), eine jüdische Synagoge aber lud, wie im Stil auch in der Konstruktion, zum Experimentieren ein. Daher nutzte er Gusseisen auch für seine zweite Synagoge in Budapest. So schreibt er:

„Die Beschränktheit des Raumes, unter welchem Uebelstände jedoch die architektonischen Verhältnisse im Inneren nicht leiden sollten, so wie die Bedachnahme auf eine freie Durchsicht nach allen Seiten hin, führten zu dem Antrage, die Träger des inneren Baues

54 Allgemeine Bauzeitung, 1843

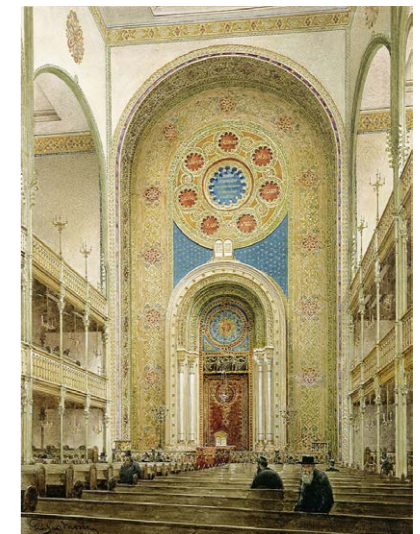


Abb. 2-40: Innenraum nach 1922, Maler: Richard Moser

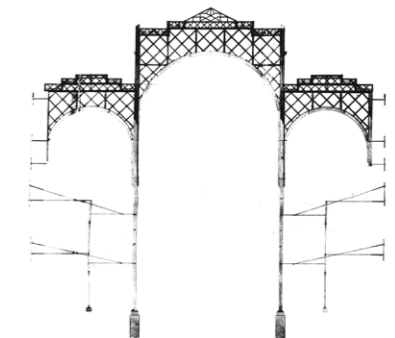


Abb. 2-41: Querschnitt, eiserne Konstruktion, Einreichpläne 1855

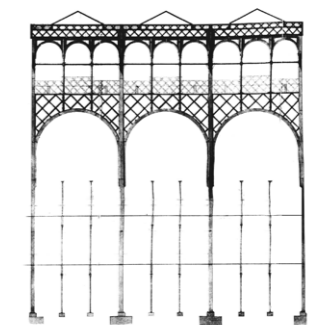


Abb. 2-42: Längsschnitt, eiserne Konstruktion, Einreichpläne 1855

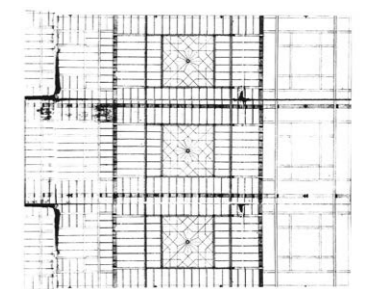


Abb. 2-43: Deckenplan, eiserne Konstruktion, Einreichpläne 1855

aus Gußeisen herzustellen. Gußeisen eignet sich namentlich für feine schlank aufstrebende Formen, eine Eigenschaft, welche für den gedachten Zweck ganz besonders veranschlagt werden muß. (...) Die Eisenkonstruktion, welche den wesentlichsten Theil des Baues im Inneren ausmacht, besteht aus einer Kombination von Gußeisen für alle Theile, wo die rückwirkende Festigkeit in Anspruch genommen ist, und aus Schmiedeeisen für die horizontal liegenden Träger und die Anker. Die gußeisernen Säulen und Bogenstücke sind an ihren Enden theils abgehobelt, theils abgedreht, sorgfältig ineinander gepaßt und überdies mit Schrauben verbunden. Die schmiedeeisernen Träger, welche die Hauptrippen der Rosetten bilden, sind Gitterbalken, auf welchen gewalzte Eisenbahnschienen in T-Form in Entfernungen von 2-3" ruhen, so daß die Plafonds des Mittelschiffes aus einem zusammenhängenden Eisengerippe bestehen. Zum Schutze der Eisenbestandtheile wurden dieselben mit einem schnell trocknenden Theerlack zweimal bestrichen. Zwischen den T-Eisen wurden Latten aus gespaltenen Holz von etwa 1 Quadratzoll Querschnitt eingefügt und über denselben ein mit zerriebenem Stroh durchgekneteter steifer Mörtel 3" stark aufgetragen. Sobald diese Mörtelschicht fest und trocken wurde und die unteren Flächen der Eisengerippe mit Rohrgeflechte bedeckt waren, wurden die im Innern sichtbaren Theile des Plafonds mit Stuckmörtel ausgeglichen und nun auch die senkrechten Wände der Gitterbalken da, wo Verzierungen angebracht werden sollten, mit Mörtel bekleidet. Hierauf wurden sämtliche Reliefverzierungen aus Gips in den Kassetten befestigt und der ganze Bodenraum mit 2-zölligen Thonfliesen eben mit den Köpfen der eisernen T Schienen gepflastert.

Diese Konstruktion hat sich bis jetzt in jeder Beziehung bewährt, und es sind an den reich mit Stuckarbeiten, Malerei und Gold verzierten Plafonds weder Einsenkung noch Risse oder Flecken zu bemerken. Sie kann auch als vollkommen feuersicher angesehen werden.⁵⁵

Im Gegensatz zur Budapester Synagoge war dabei der Einsatz von Gusseisen großteils auf den inneren Ausbau beschränkt, der Dachstuhl dürfte im Großen und Ganzen bis auf ein paar Zuganker aus Holz konstruiert worden sein.⁵⁶

⁵⁵ Allgemeine Bauzeitung, 1859, S.16

⁵⁶ Die Präsentationspläne sprechen dafür, in den Einreichplänen war aber auch die Dachkonstruktion teilweise aus Metall



Abb. 2-44: Dachstuhl in Budapest

2.3.8 SONSTIGE BESONDERHEITEN

Wie sich nach den ersten Gottesdiensten herausstellte, war die Akustik im Gebäude leider sehr schlecht. Vor allem der Prediger war für das Publikum nur sehr schwer verständlich – eigentlich ein K.O. - Kriterium für den Bau eines Gotteshauses.

„Was jedoch sehr zu bedauern ist, daß der Tempel nicht akustisch gebaut ist. Selbst Sulzer mit seiner kolossalen Stimme drang nicht durch, um so schwieriger wird es für den Prediger, sich dem Publikum verständlich zu machen, da überdies die Kanzel auch sehr niedrig ist.“⁵⁷

„Wien, 30. Juli. (...) Am neuen Bethause sind einige nicht unerhebliche Veränderungen bezüglich der Kanzel vorgenommen worden, wodurch es möglich wird, den Prediger zu hören. Nachdem Herr Dr. Jelinek längere Zeit mit den Predigten pausiert hat, betritt er jetzt desto fleißiger die Kanzel zur Freude seiner zahlreichen Verehrer.“⁵⁸

Diese „Veränderungen“ sollten sich als „mechanische“ Kanzel herausstellen, welche bei Bedarf hinaufgefahren werden konnte. Sie führte aber zu Kontroversen innerhalb der jüdischen Gemeinde, da Muskelkraft für das Anheben von Nöten war, was während dem Sabbat natürlich verboten ist (auch obwohl ein Nicht-Jüdischer Angestellter diese Arbeit verrichte). In der Baubeschreibung in der ABZ, welche ein Jahr nach der Eröffnung des Tempels 1859 publiziert wurde, wird diese Kanzel bereits erwähnt. Leider ist sie im Längsschnitt nicht korrekt dargestellt (obwohl genau in der Schnittebene, Abb. 2-45) und sie ist sonst nur unzureichend dokumentiert. Eine ähnliche Kanzel wurde jedoch in der Synagoge in Pardubice gefunden. (siehe Kapitel 3.2 auf Seite 35)

⁵⁷ Allgemeine Zeitung des Judenthums 05.07.1858, S. 8

⁵⁸ Allgemeine Zeitung des Judenthums 13.09.1858, S. 8

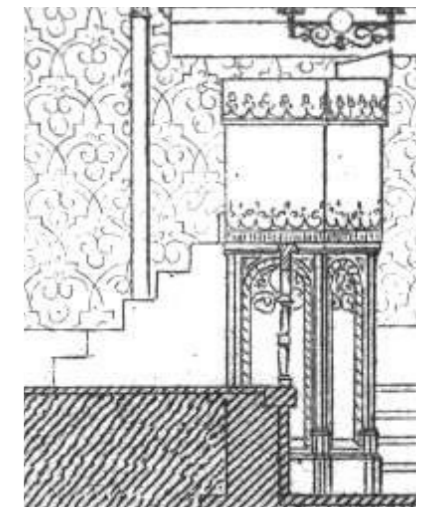


Abb. 2-45: Ausschnitt Längsschnitt
ABZ 1859

„Die Kanzel hat ihre passendste Stelle in der Mitte vor der Estrade für die gottesdienstlichen und die anderen religiösen Handlungen gefunden; sie wird mittelst eines Mechanismus nur dann in die Höhe gehoben, wenn der Gottesdienst mit einer Predigt begleitet werden soll. Der Prediger kann von diesem Platze aus von allen im Erdgeschoße, wie in der ersten Galerie Anwesenden gesehen und im ganzen Tempelraume von Allen gehört werden; der Verkündiger des Wortes Gottes steht da inmitten seiner Gemeinde. Bei dem alltäglichen Gottesdienst steht die Kanzel in gleicher Höhe mit dem Geländer der Estrade, so daß der Al-Memmar und die heilige Lade auch von dem Gange in der Mitte des Tempels aus gehörig gesehen werden können.“

Auch die heilige Lade wies eine technische Neuheit auf:

„Die heilige Lade mußte wegen der Höhe des inneren Tempelraumes ebenfalls eine entsprechende Höhe erhalten, wodurch es möglich geworden, daß die Vorhänge der heiligen Lade in die Höhe gehoben werden können, statt wie gewöhnlich nach der Seite gezogen zu werden; eine Anordnung, welche diese vor dem Verderben weit besser bewahrt.“

Trotz der relativen liberalen Tempelaufteilung versuchte die Kultusgemeinde aber auch konservative Mitglieder mit dem Bau zufrieden stellen, bzw. wollte man ihnen nicht noch einen weiteren Streitgrund liefern. So verzichtete man auf den Einbau einer Orgel⁵⁹, die von liberalen Juden Europas damals gefordert wurde - konservative Juden sahen in der Verwendung einer Orgel aber einen Verstoß gegen das jüdische Religionsgesetz - in der Planung war sie aber sehr wohl eingeplant. Eine Stelle im Plan wäre ganz besonders prädestiniert dafür gewesen. (siehe Abb. 2-46)

„Wie ich höre, ist man von dem Gedanken abgekommen, Orgelbegleitung im neuen Tempel einzuführen. Ein Aufsatz von einem unbekanntem Dichter, welcher in der betreffenden Commission gelesen wurde, soll der Orgel den letzten Stoß versetzt haben. Es ist also die Debatte als geschlossen zu betrachten und ich erlaube mir blos zu vermerken, daß jetzt Cantor und Chor bei den großen Räumlichkeiten des neuen Tempels um so mehr berücksichtigt werden müssen.“⁶⁰

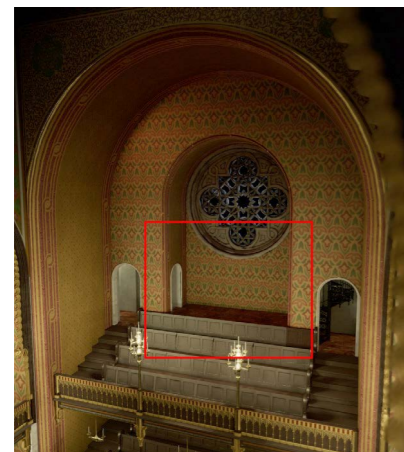


Abb. 2-46: Ein Platz für eine Orgel?

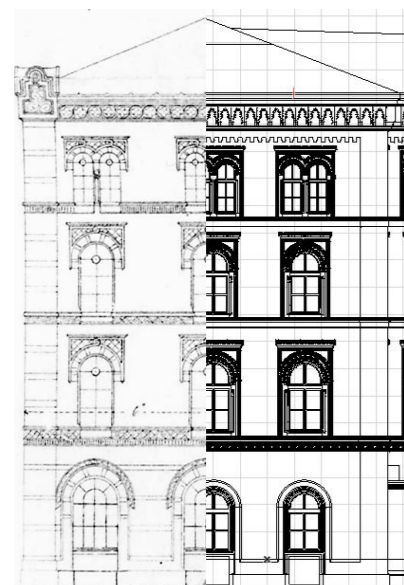


Abb. 2-47: Vergleich Einreichpläne / Ausführung

59 Synagogues of Europe: Architecture, History, Meaning; Carol Krinsky. Dover Publications, New York, 1996, S.194
60 Allgemeine Zeitung des Judenthums 11.01.1855, S. 7

2.3.9 UNTERSCHIEDE EINREICHPLÄNE - AUSFÜHRUNG

Försters Einreichplan weicht eklatant vom ausgeführten Bau ab. Besonders auffallend sind die anders ausgeführten Fenstereinfassungen, welche noch stark vom Rundbogenstil inspiriert scheinen.

Weiterhin sollten auch die Ekklienen des Seitentraktes mit einem Aufsatz bekrönt werden und die Laternen auf der Synagoge hatten durch ihre zwiebelförmige Kuppel stärkere Ähnlichkeiten mit der Budapester Synagoge. Auch das Gitter am Eingangsportal war noch nicht in der Mauer eingelassen. Der markanteste Unterschied ist aber beim Dach zu finden: So sollte ursprünglich eine mächtige abgestufte Wand den Dachraum in zwei Hälften trennen, welche an einen romanische Treppengiebel erinnert. (siehe Abb. 2-49)

Erst dieser abgetreppten Wand sollten die Gebetstafeln aufgesetzt werden, nicht wie anschließend ausgeführt, direkt an der Front. Realisiert wurde dann aber ein (scheinbar) zusammenhängendes Dach, die Mauer endet unter der Dachhaut. Die Unterschiede sind besonders gut in den Schnitten ersichtlich. (siehe Abb. 2-50 bzw. Abb. 2-51)

Über die Gründe kann nur mehr gerätselt werden, jedoch spricht zumindest gegen die zurückversetzte Platzierung der Gebetstafeln, dass diese von der Straße aus nicht ersichtlich wären.

2.4 DER BAUSTIL

Der Stil der Synagoge wurde gemeinhin in der Literatur der Zeit als „orientalisch“ bzw. „orientalisierend“ bezeichnet. Bei genauerer Betrachtung wird aber ersichtlich, dass sich bei weitem nicht nur „orientalisches“ findet und es wesentlich „orientalischere“ Synagogen gab. Bevor auf die Synagoge bzw. die Herkunft ihrer einzelnen Elemente eingegangen werden kann, muss im Vorhinein dieser „Stil“ erklärt werden.

2.4.1 EIN ORIENTALISCHER STIL

Der Begriff „Orient“ (auch als „Morgenland“ aufgrund des Sonnenstandes am Morgen bekannt) fungierte ursprünglich als Richtungsangabe in Europa (Ostwärts). Im Alten Testament stand der Orient für die Gebiete östlich von Israel bzw. Juda, jedoch verschob sich dieses Gebiet im Laufe der Jahrhunderte immer weiter westwärts.⁶¹ Dadurch zählten im europäischen

61 <https://de.wikipedia.org/wiki/Orient>, 3.5.2018

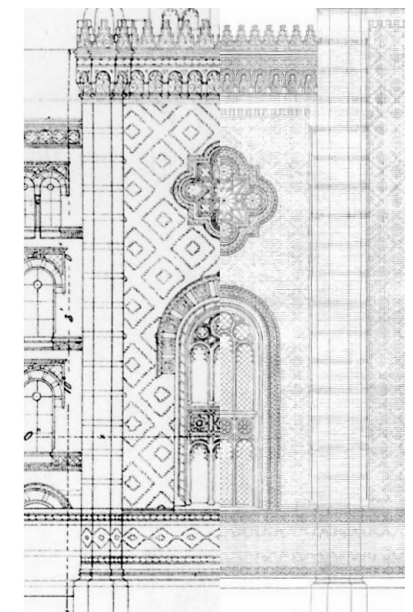


Abb. 2-48: Vergleich Einreichpläne / Präsentationspläne

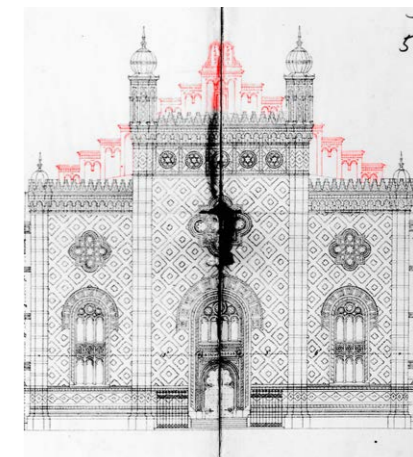


Abb. 2-49: Treppengiebel im Einreichplan

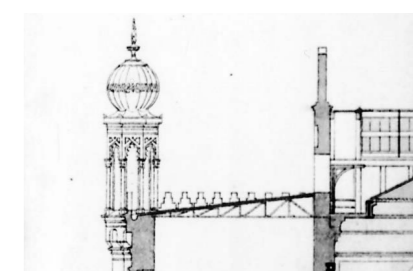


Abb. 2-50: Dach bzw. Treppengiebel im Einreichplan

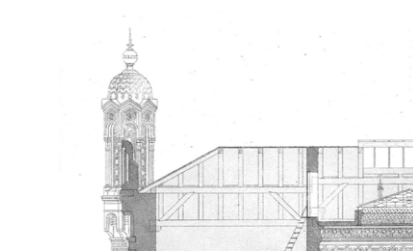


Abb. 2-51: Dach bzw. Treppengiebel im Einreichplan

Hochmittelalter auch die Gebiete der Ostkirche zum Orient. Im 18. und 19. Jahrhundert wurden dann der Osten Europas, sowie Spanien und Sizilien bereits als „orientalisch“ angesehen.⁶² Es war daher ein sehr dehnbarer Bereich, was als orientalisch galt und was nicht.

Wichtig ist es auch den Unterschied zwischen **Orientalismus** und **Exotismus** darzustellen:

Versucht der Orientalismus (in der Architektur) zum größten Teil durch objektive wissenschaftliche Forschungen als Werkzeug für Architekten zu fungieren, handelt es sich beim Exotismus rein um das Gefallen am Außergewöhnlichen, welcher schnell zu einer bunten Phantasiewelt abdriftet.

Die ersten Bauten im 17. und 18. Jahrhundert mit orientalisierenden Elemente im nördlicheren Mitteleuropa dürften aber sehr wohl als Kuriosum gegolten haben, denn sie dienten in erster Linie der Unterhaltung und der „Lust am Exotischen“ (Abb. 2-52). Im Historismus entwickelte sich dann aber eine ernstzunehmende Stilrichtung, welche besonders gerne für neu-entstehende Bautypologien verwendet wurde, da diese besonders zum Experimentieren einluden - z.B.: Industriebauten (Abb. 2-53) - aber eben auch Synagogen:

Einen orientalischen Stil gibt es per se nicht, sondern verschiedene Stile können als „orientalisch“ bezeichnet werden, z.B.: der, der Araber, Mauren und der Byzantiner, aber auch zurück bis ins Altertum der, der Ägypter, Assyrer, Babylonier, Sumerer usw., über welche zumeist wenig bekannt ist und unsere Vorstellungen darüber größtenteils auf archäologischen Grabungen und Rekonstruktionen basieren.

Aber natürlich auch z.B.: die chinesische Kultur galt als orientalisch.

Die Grenzen sind also relativ schwammig - zusätzlich kam es unter diesen Stilen selbst zu Wechselwirkungen und ein reger Stilaustausch fand statt.

Wenn im Historismus aber verallgemeinert von einem „orientalischen bzw. orientalisierenden Stil“ gesprochen wird, handelt es sich dabei meist um eine verklärte Kombination aus Versatzstücken dieser diversen Stile, die in ihrer Gesamtheit orientalische Assoziationen beim Betrachter hervorrufen sollten. Erst der strenge Historismus versuchte wirklich orientalische Bauten in ihrer Gänze nachzuahmen.

Als orientalischer Bau konnte also bereits ein Bau verallgemeinert bezeichnet werden, welcher einzelne Merkmale orientalischer Baukunst aufwies, wie das Ziegelmauerwerk mit glasierten Sichtziegeln, polychrome Fassaden, polygonale Grundrisse, geometrische Formen, welche flächige und lineare Muster darstellen (sei es gemalt oder in Form von Fliesen), eine repetitive, überschwängliche Anordnung von Elementen in der

62 Der andere Orientalismus. Regeln deutsch-morgenländischer Imaginatio-
on im 19. Jahrhundert, Andrea Polaschegg, Berlin 2005, S.70

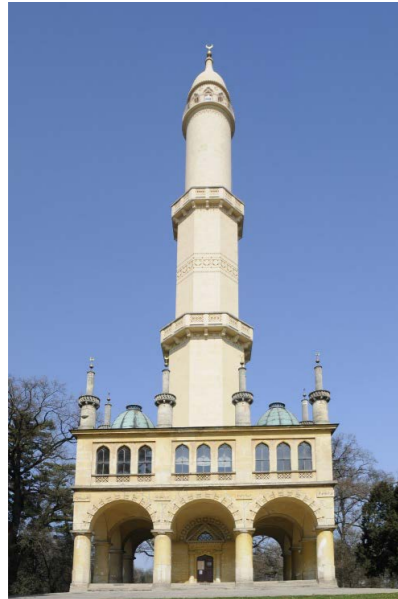


Abb. 2-52: Minarett im Schlosspark
Lednice von 1797



Abb. 2-53: Dampfmaschinenhaus
für Sanssouci in Potsdam,
von 1843

Fläche und in der Dreidimensionalität (Entmaterialisierung!) und charakteristische Bögen (Hufeisenbogen, Kielbögen, Zackenbögen).

In Mitteleuropa wurden die außereuropäischen Künste erst durch das Aufkommen von Zeichnungen, Reiseberichten und schließlich auch Fotos greifbar. Mit dem Ägyptenfeldzug Napoleons erwachte auch das Interesse an fremden Baukünsten und so wurde nach und nach jedes Element analysiert und in Musterbüchern veröffentlicht. So erschienen Anfang des 19. Jahrhunderts viele Vorlagenbücher, wie das bekannte Werk „The Grammar of Ornament“ von Owen Jones, welches einen Überblick über die verschiedensten Stile der Welt gibt.

In Wien wurde 1864 das Kunstgewerbemuseum gegründet und damit begonnen, außereuropäische bzw. orientalische Stücke zu sammeln und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Zum endgültigen Durchbruch gelang die orientalische Bauweise dann durch die Weltausstellungen, in welchen orientalische Pavillons oder Ensembles gerne gesehen wurden.⁶³ (z.B.: Abb. 2-54) Sie spiegelten aber meist nicht die reine orientalische Kunst wieder, sondern blieben stets eine Imitation von europäischen Architekten aus europäischen Material.



Abb. 2-54: Ägyptische-Baugruppe,
Wiener Weltausstellung
1873

2.4.2 DER BAUBOOM MITTE DES 19. JAHRHUNDERTS

Zur Zeit Försters herrschte eine rege Diskussion, mit welchen Baustil man eine Synagoge bauen sollte. Der gotischer Stil schien den christlichen Kirchen vorbehalten und der griechische Tempelbau völlig ungeeignet.

Da der Historismus stets darum bemüht war, bestehende Stile für bestimmte Bauaufgaben anzupassen, suchte man nach einem Stil, welcher in der europäischen Alltagswelt noch nicht vollends Einzug erlangt hatte: Fündig wurde man in dem „Orientalischen“. Das damals nicht wirklich gut integrierte und im Laufe der Geschichte oft vertriebene Jüdische Volk wurde selbst stets mit dem fernen Osten und dem Altertum assoziiert; daher schien ein Rückgriff auf dort heimische Bauweisen logisch.

Die erste Synagogen mit orientalischen Elementen entstanden in Deutschland. Die Erste war die Karlsruher Synagoge (Abb. 2-55) von Friedrich Weinbrenner von 1798. Dieser Bau illustriert gut eine „Unsicherheitsphase“ im Synagogenbau, wo bereits nach etwas „Anderem“ gesucht wurde.



Abb. 2-55: Karlsruher Synagoge

63 Orientalismus in Europa vom 17. - 19. Jahrhundert in der Architektur und Innenraumgestaltung, Ludwig Marczo, Dissertation, Universität Mainz, Frankfurt am Main, 1989, S.158

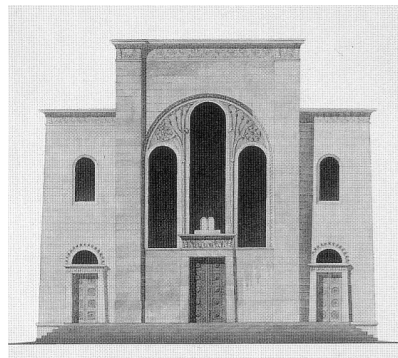


Abb. 2-56: Entwurf von Bromeis für die Kassler Synagoge



Abb. 2-57: Ingenheimer Synagoge



Abb. 2-58: Dresden, Synagoge 1898

Die Lösung sah man in diesem Fall in einem Stilpluralismus aus ägyptischen (Pylonen), gotischen (Spitzbogen-Arkaden) und klassischen (dorische Säulen im Hof) Motiven. Der ägyptische Einfluss kann mit der damaligen Weltanschauung erklärt werden: So erlebte Ägypten wie erwähnt zur Zeit des Ägyptenfeldzuges Napoleons eine gewisse Mode - entscheidender dürfte aber gewesen sein, dass der allgemeine Konsens Anfang des 19. Jahrhunderts war, dass Hiram, der phönizische Baumeister des Salomonischen Tempels im ägyptischen Stil erbaut habe.⁶⁴

Die ersten Entwürfe der Synagoge in Kassel (Abb. 2-56) zeigen ebenso ägyptische Züge, welche aber abgelehnt wurden. 1839 wurde die Synagoge dann nach einem Entwurf des Architekten Rosengarten erbaut, welcher orientalische Baustile grundlegend ablehnte. So wettete er gegen den Ägyptischen Stile:

„Kein Styl ist indessen weniger passend als der ägyptische. Abgesehen von den künstlerischen Rücksichten, welche seiner Anwendung entgegenstehen, und die hauptsächlich begründet sind in der nicht vollendeten Reife desselben, der Verschiedenheit unseres Klimas, unseres Materials, der Ausbildung und Richtung unseres Geschmacks, der sich nicht mit dem bloßen Eindrucke der Massen begnügen will, sind die historischen Gründe, die man dafür vorbringt, gerade dagegen. Die Juden, die in Aegypten ein gefangenes Volk waren, hatten dort keinen Tempel; will man aber durch einen ägyptischen Tempel einen Moment ihrer Geschichte vergegenwärtigen, so ist es gewiß nicht der ihres Aufenthaltes in Aegypten, welcher am erhebensten und geeignetsten wäre.“⁶⁵

Zugegebenermaßen klingt dies ziemlich logisch. Einig war er sich aber bereits in der Idealform des Salomonischen Tempels für den Synagogenbau, jedoch schien ihm die Ausschmückung dessen zu ungesichert und unzureichend bewiesen gewesen zu sein, um mit Gewissheit sagen zu können welche Ornamente verwendet werden sollen. Er entschied sich daher für einen „klassischen“ Rundbogenstil.⁶⁶

Danach folgten einige versprengte Bauten in einem orientalisierenden Stil wie die Ingenheimer Synagoge von 1832 (Abb. 2-57) und der Innenraum der Dresdner Synagoge 1840. (Abb. 2-58)

Erst ab 1850 kam es plötzlich zu einem Bauboom von orientalisierenden Synagogen über ganz Europa verteilt. Interessanterweise schien man sich mit dem Stil hier im Großen und Ganzen einig – plötzlich war ein Wettrennen gestartet, wer das

64 Die Otto Wagner-Synagoge in Budapest, Ines Müller, Verlag Löcker, Wien, 1992, S.14/15

65 ABZ 1840 S. 205

66 ebenda

schönste und prächtigste Gotteshaus in diesem Stil planen konnte. Dies mutet etwas seltsam an, da es sich häufig um reformierte Gemeinden handelte, welche sich vom orientalischen Ursprung eher distanzieren wollten – den durchwegs christlichen Architekten war diese Tatsache aber scheinbar egal.

Dennoch - durch diese frühe „corporate identity“ wurde zumindest für eine kurze Phase auch von außen sichtbar, welchem Zweck das Gebäude dient. So wurde Rosengartens Wunsch nach einem gemeinsamen Stil erfüllt, auch wenn er sich dafür sicherlich einen anderen Stil gewünscht hätte.

„Soll der Styl dem Zwecke entsprechen, so muß derselbe überall vorherrschen, eine Seele sein für den Körper von leblosem Materiale.“⁶⁷

Zu nennen wären u.a.: die große Gemeindesynagoge von 1855 in Leipzig, Rumbach Synagoge, Dohany Synagoge, Prager Synagoge, usw.

Einer der Hauptgründe, warum sich dieser Stil so großer Beliebtheit im Synagogenbau erfreute, war sicherlich, da aufgrund des jüdischen Gesetzes die Anwendung von figuralen Details verboten ist - z.B.: den maurischen Stil prägen aber vorrangig flächige bzw. lineare Ornamente und geometrische Formen, daher schien dieser gut zu passen, was auch der, den orientalischen Stilen sonst ablehnend gegenüberstehende, Rosengarten bestätigt:

„Nur in der Dekorationsweise ist er zu berücksichtigen, weil diese hauptsächlich in den verschiedenartigsten Kombinationen von Linien besteht, auf die man, neben Ornamenten nach Motiven aus dem Pflanzenreiche, auch bei der Auszierung einer Synagoge angewiesen ist, denn bekanntlich ist jede bildliche Darstellung irgend eines lebenden Wesens durch die alttestamentlichen Gesetze untersagt.“⁶⁸

2.4.3 DER SICHTZIEGELBAU

Eines der Hauptmerkmale dieser neuen „Corporate Identity“ bzw. des „orientalischen Stils“ (aber auch des Leopoldstädter Tempels) war der verwendete Sichtziegel, deswegen sei diesem Merkmal ein eigenes Unterkapitel gewidmet.

Die Wahl dieses Materials ist naheliegend, da bereits im Altertum die nun als Vorbild dienenden Völker (z.B.: die alten Babylonier, Abb. 2-59) Ziegel als sichtbares Baumaterial nutzten, jedoch sprach noch ein anderer Faktor dafür: Im Mitteleuropa des 19. Jh. gab es noch wenige unverputzte Ziegelbauten – im Gegensatz zu südlicheren Ländern wie

67 ABZ 1840 S. 206

68 Ebenda S. 205

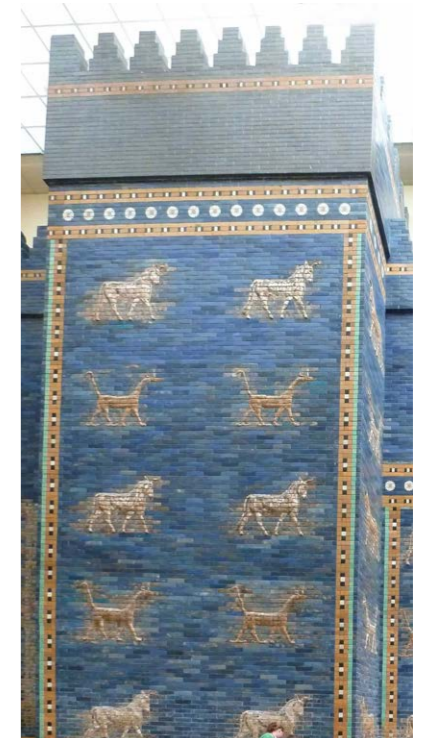


Abb. 2-59: Ishtar-tor

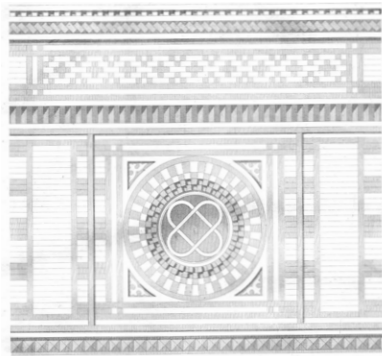


Abb. 2-60: Ziegemuster in der Abz 1850

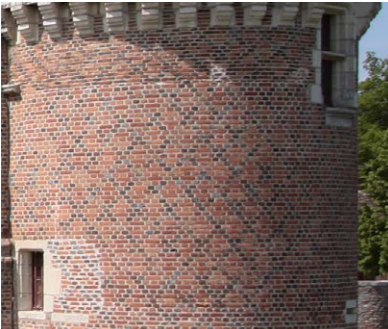


Abb. 2-61: Schloss Le Moulin, Ziegemuster

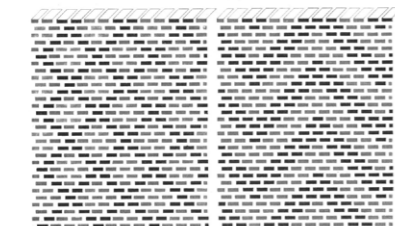
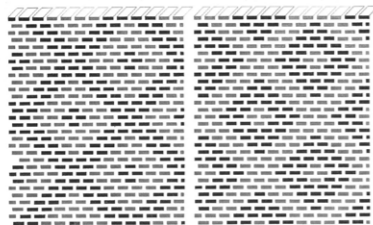


Abb. 2-62: Ziegemuster in der ABZ 1858

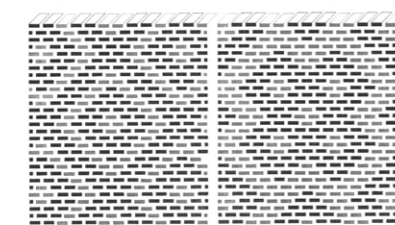
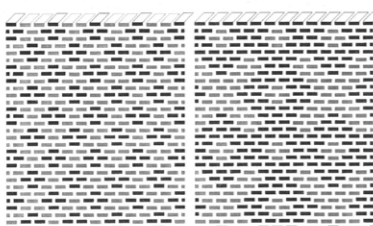


Abb. 2-63: Ziegemuster in der ABZ 1858

Italien, wo die Tradition des Ziegelbaus seit den Römern ungebrochen fortgesetzt wurde. Erst im Zuge des durch Heinrich Hübschs Publikation „In welchem Stile sollen wir bauen“ in die Wege geleiteten Rundbogenstils fand der „Rohbau“ wieder einige Befürworter. Führend war die Münchner Schule um Friedrich von Gärtner und die Schule um Schinkel in Preußen. Da sie hierzulande im Straßenbild trotzdem recht selten anzutreffen waren, passten sie gut zu einem „exotischem“ Bild und orientalischen Assoziationen. So wurde der „Rohbau“ selbst zu einem wesentlichen Merkmal für orientalische Stile. In Wirklichkeit basiert dieses Merkmal also mehr auf den Entwicklungen der Vertreter des Rundbogenstils als auf einem direkten orientalischen Bezug, auch wenn dieser zweifelsfrei auch gegeben ist.

Die oft auftretenden Teppich-artigen Muster an Sichtziegelwänden, welche an orientalische Bauten wie die der Babylonier denken lassen, wurden auch erst in den deutschen Schulen perfektioniert. So preist ein Artikel in der ABZ von 1850 die Schule in München und den „Rohbau“ als Bautechnik der Zukunft an:

„Durch die verschiedenen Arten des Ziegelverbandes mit verschiedenfarbigen Ziegeln bietet sich dabei dem Architekten von selbst ein Mittel dar, Wandflächen nach Art der Malerei nur durch geeignete Anordnung der Steine zu dekorieren. Ohne besonders geschnittene Steine ist man also schon im Stande, große Flächen durch Eintheilung in Felder, durch Muster und Zeichnungen mancherlei Art zu beleben, abzugrenzen, einzufassen und wie man es sonst nennen mag; eben so Oeffnungen einzurahmen und hervorzuheben. Läßt man gewöhnliche oder besonders geschnittene Ziegel vor- oder zurücktreten, so kann man dadurch wiederum Streifen, Gesimse u. dgl. noch kräftiger auszeichnen, und ist man im Stande, neben diesen Mitteln noch modellierte Steine anzuwenden, so kann man einen Reichtum in Form und Farbe entwickeln und so schöne Wirkung erreichen, wie es kaum ein anderes Material zuläßt.“⁶⁹

Solche Muster konnte man auch in Europa finden, z.B.: an Schlössern in Frankreich. (Abb. 2-61) In der ABZ 1858 werden diese Schlösser mitsamt Zeichnungen der Ziegemuster beschrieben. Auch in dem bereits erwähnten Artikel der ABZ 1850 sind Teppich-artige Muster abgebildet.

69 ABZ 1850, S.14

2.4.4 DIE STILFRAGE ANHAND DES LEOPOLDSTÄDTER TEMPELS UND DESSEN VORBILDER

Ludwig Förster war beeindruckt von den orientalischen Stilen, mit welchen er bereits früh Erfahrungen gemacht hat. Die ersten Bauten Försters mit orientalisierenden Elementen waren das Arsenal in Wien von 1849-56 (mit Hansen) und das Schloss Peirea in Königsstetten von 1849 (Abb. 2-64). Für das Aussehen Letzteres zeichnete sich aber der Bauherr Pereira selbst verantwortlich, denn er lieferte genaue Vorgaben. Der Baron wollte damit an seine (sephardischen) Vorkommen in Spanien erinnern.⁷⁰

Wichtiger im Zusammenhang mit dem Leopoldstädter Tempel erscheint der Bau des Arsens in Wien:

Förster war nach dem Bruch der Atelieregemeinschaft 1851 nur für die Planung der Gewehrfabrik und ein paar kleinerer Bauten zuständig, während sein damaliger Partner Hansen den Auftrag für das prächtige Waffenmuseum (heute Heeresgeschichtliches Museum) erhielt. Dennoch scheint der Bau Hansens auch bei Förster selbst große Spuren hinterlassen zu haben, denn dieser Bau enthält bereits viele Merkmale der folgenden orientalisierenden Bauten Försters:

Das Arsenal zeigt einen deutlich, von italienisch-mittelalterlichen Bauten inspirierten Stil (Wuchtiges Hauptgesims, Maskulien und Schwalbenschwanzzinnen sind ganz typisch für italienischen Festungsbau) welcher jedoch durch byzantinisch-orientalische Details erweitert wird.

Hier manifestierte sich Hansens lange Zeit in Griechenland in der Architektur. Als Hauptvorlage diente das Arsenal in Venedig – natürlich passend, da es sich ebenso um eine militärische Anlage handelte.

Eine weitere Vorlage war aber Venedigs Architektur selbst. Venedig diente durch die vielen Bindungen zu anderen Kulturen als ein Schmelztiegel verschiedener Kulturen - vor allem die byzantinische Kultur prägte Venedigs. Hier bildeten sich schon früh Stilkombinationen, welche im romantischen Historismus neu aufleben sollten, z.B.: der Dogenpalast. (Abb. 2-68) Förster schien gefallen an dieser Stilkombination gefunden zu haben, fügte aber im Falle des Leopoldstädter Tempels naheliegende Orientalismen hinzu.

Fairerweise muss hier erwähnt werden, dass Förster diese Stilkombination im Synagogenbau womöglich selbst abgekupfert hat. Denn die bereits 1853 eröffnete Synagoge in Mainz von Ignaz Opfermann (Abb. 2-69) zeigt einige Parallelen zum Tempel. Inwiefern Förster von der Mainzer Synagoge beeinflusst wurde, müsste noch geklärt werden - gekannt wird er sie aber ziemlich sicher haben. Jedoch wurde erst Försters „Stil“ zum gängigen Musterbuch für viele Synagogen in Europa.

70 ABZ 1849, S.107

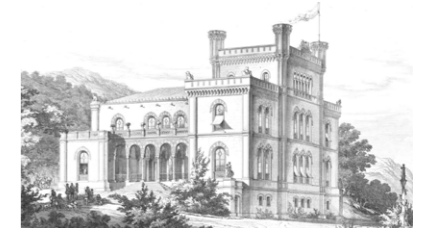


Abb. 2-64: Ansicht Schloss Königsstetten



Abb. 2-65: Arsenal (heeresgeschichtliches Museum)



Abb. 2-66: Castello Brescia



Abb. 2-67: Arsenal Venedig



Abb. 2-68: Dogenpalast, Venedig



Abb. 2-69: Mainzer Hauptsynagoge, 1853

Dies kann wohl auch durch die Popularität seiner ABZ erklärt werden. Außerdem beschäftigte er sich in jener Zeit viel mit den Bauten des Orients und aktuellen Ausgrabungen wie z.B.: in Niniveh und konnte seine Stilwahl daher halbwegs plausibel erklären. Sehr wichtig erscheint in diesem Zusammenhang der lange Artikel „Die Baukunst der Araber“ in der ABZ 1856 und diverse kleinere Artikel wie z.B.: „Haus in Algier“ in der ABZ 1842, oder „Brunnen in Kairo“ in der ABZ 1853. Er selbst sah seine Stilkombination also durch wissenschaftlichen Erkenntnisse bestätigt.

Am ersichtlichsten wird Försters Einstellung zur Stilfrage in seiner Beschreibung des Tempels, welche in der ABZ veröffentlicht wurde. Ein kurzer Auszug sei hier gezeigt:

„Nach meiner unmaßgeblichen Ansicht dürfte es der relativ richtigste Weg sein, bei dem Baue eines israelitischen Tempels jene architektonischen Formen zu wählen, deren sich die dem israelitischen Volke verwandten orientalischen Völkerschaften, insbesondere die Araber, bedient haben, und hierbei im Allgemeinen nur jene Modifikationen eintreten zu lassen, welche Klima und die neuen Erfindungen im Bauwesen bedingen. Daß diese meine Ansicht den relativ richtigsten Weg wenigstens nicht verfehlt, wird durch die Forschungen über die älteren und moderneren Baustile im Orient, wie durch die in unseren Tagen vorgenommenen Ausgrabungen am Tigris gerechtfertigt, welche der Architektur Motive bieten, wie sie, nach den Aufzeichnungen im Buche der Bücher zu urtheilen, den Formen des Salomonischen Tempeln annäherungsweise entsprechen und mit ihnen im Einklange stehen.

(...)

So war, um nur einiges hierauf Bezügliche anzuführen, die Herstellung der Wände von allerlei Steinen und die Verzierung mit emaillierten Ziegeln schon im höchsten Alterthume gebräuchlich, wie die Entdeckungen in Ninive darthun. In Persien bildete man aus gebrannter Erde allerlei Polygone und damit die mannigfaltigsten Dessins; die Gesimse waren häufig mit kleinen übereinander liegenden Nischen geschmückt und mit Galerien gekrönt. Die Arkaden hatten überhöhte Rundbögen, die Wände zeigten vielfache Verschlingungen von Pflanzen, Bändern und Linien, „Palmen und Kettenwerk.“⁷¹

⁷¹ ABZ 1859, S.14

Durch diese Beschreibung könnte man den Eindruck erlangen, er habe versucht, einen möglichst „reinen“ orientalischen Stil ohne stilverfälschende Elemente zu kreieren. Auch ein Brief an seinen Sohn Heinrich 1854 würde so einen Stil erwarten lassen:

„(...) weil ich Artikel über die orientalische Baukunst liefern kann, die der ganzen Kunstgeschichte eine neue Bahn und der Architektur eine neue Richtung geben können. Die Zeichnungen, die ich jüngst aus Syrien, Cairo und Algier erhielt, haben mir bei meinem Entwurf für die Synagogen in Pest und Wien gute Dienste geleistet.“⁷²

Bei nüchterner Betrachtung der Pläne Försters wird aber ersichtlich, dass er den, ihm bestens bekannten, italienisch-venedischen Stil mit anderen Stilen bloß so aneinanderreichte, sodass sie für ihn ein schlüssiges Bild ergaben - wie es für den romantischen Historismus eben üblich war. Von einer möglichst exakten Kopie eines orientalischen Gebäudes kann also keine Rede sein, sondern es handelt sich um ein Mischwerk aus mehreren Stilen. Innes Müller spricht hier sogar von einem sehr kreativen „Exotismus der Gartenmoschee-Epoche“⁷³, (gemeint ist die Zeit um 1800), was jedoch etwas übertrieben wirkt, denn Förster kombiniert hier doch recht unplakativ Elemente der Romanik, Gotik und der Mauren – ohne sich allzu sehr mit wirklich „exotischen“ Stilen aufzuhalten, was der Brief an seinen Sohn vermuten lassen würde.

Die Hauptquelle der orientalischen Elemente war für Förster sicherlich die Alhambra in Spanien (Abb. 2-70), auch wenn er meist von Stilen anderer, zumeist älterer Kulturen sprach, welche ihm als Vorbild dienten. Diese älteren Kulturen wiesen bereits ähnliche Elemente auf, waren Förster aber in ihrer Ausformung zu primitiv.

So waren z.B.: die abgestuften Zinnen bereits bei den Persern bekannt (Abb. 2-71), was Förster durch die vielen damaligen Ausgrabungen sicherlich wusste. Er hat aber nicht die von den Persern ursprüngliche einfache Form übernommen, sondern jene der Mauren, welche stärker ausgeschmückt war. (Abb. 2-72) Die maurischen Bauten Spaniens stellten für Förster und seine Kollegen bereits einen so umfangreiche-dokumentierten Fundus dar, dass man nicht auf die ursprünglichen orientalischen Elemente des „alten“ Orients zurückgreifen musste. Einige Elemente der Alhambra finden sich so fast 1:1 an der Synagoge wieder. (z.B.: das Fliesenmuster, div. Fußbodenmuster oder die Zinnen)

⁷² Vom Klassizismus bis zur Secession, In „Geschichte der Stadt Wien VII/3, Wien 1973, Renate Wagner-Rieger, S. 145

⁷³ Die Otto Wagner-Synagoge in Budapest, Ines Müller, , Verlag Löcker, Wien, 1992, S.53

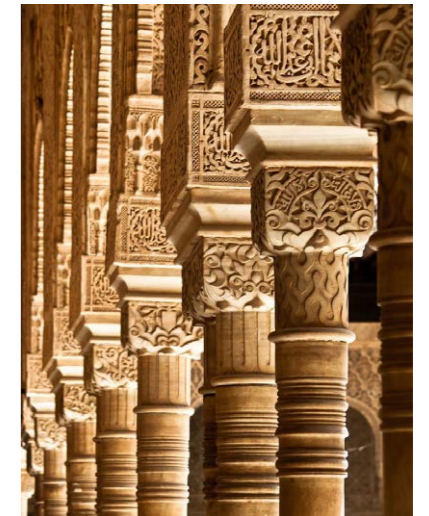


Abb. 2-70: Eine Säulenreihe in der Alhambra



Abb. 2-71: Zinnen in Persepolis (Darius-Palast)



Abb. 2-72: Zinne in der Alhambra

2.4.5 DER VORWURF DER FREMDARTIGKEIT

Die Wahl eines orientalisierenden Stiles konnte noch so schlüssig mit der ursprünglichen Herkunft des Judentums begründet werden, für vorbelastete Außenstehende stand er stellvertretend für die empfundene „Andersartigkeit“ der Juden - die im Stadtbild so exotisch wirkenden Bauten unterstreichen dies. In einem Land, welches häufig durch den Einfall der Türken leiden musste. So lag der letzte Türkenkrieg von 1792 noch nicht allzu lange zurück und viel Misstrauen gegenüber jedem östlichen Volk vorprogrammiert

Es ist wahrscheinlich, dass sich sogar assimilierte Juden Sorgen machten, ob der Stil denn angemessen ist und er ihrem Emanzipationsprozess nicht eher entgegen steht - ihnen wurde schließlich immer signalisiert, dass sie sich dem Österreicher anzupassen haben. (siehe Exkurs A)

Die streng-gläubigen „Ostjuden“ weigerten sich selbstverständlich, so einen reformierten Tempel zu betreten⁷⁴ - hier standen aber hauptsächlich rituelle Diskrepanzen im Vordergrund. Nichtsdestotrotz wurde mit der Wahl des Stils die angestrebte Einigung der Gemeinde nicht erleichtert.

Es ist leider nicht überliefert, inwiefern die (zumeist) christlichen Architekten sich dieser Problematik bewusst waren - ihre Experimentierfreude scheint davon jedoch nicht betroffen gewesen zu sein.

Von der Mehrheit der assimilierten Juden wurde das Gebäude aber sicherlich mit Stolz und Zufriedenheit angesehen, wurde er insgesamt doch positiv aufgenommen und läutete eine neue Ära für das Wiener Judentum ein.⁷⁵ Auch die liberale öffentliche Meinung schien das Gebäude zu akzeptieren. So schrieb z.B.: die Wiener Zeitung, dass das Gebäude „ohne Zweifel zu den interessantesten Neubauten Wiens gehört“.⁷⁶

Gerade durch die Wahl des Stils also allen Widrigkeiten zu trotz wurde es zu dem Symbol für die Bedeutung und das Selbstbewusstsein der jüdischen Gemeinde in Wien. Durch die behutsame Verwendung altherbekannter Stile überzeugt Försters Entwurf auf eine unaufdringlichere Weise, wie es wohl eine 1:1 Kopie einer arabischen Moschee getan hätte, welche Hansen damals als Wettbewerbsentwurf einreichte – dieser hätte zwar dem Bild „orientalischer“ Architektur stärker entsprochen, aber der exotische Charakter hätte in Wien bestimmt zu noch stärkeren Debatten und Anfeindungen geführt.

⁷⁴ „Ein ehrlicher Jude betritt diesen Tempel nicht“, Computergestützte Rekonstruktion der sefardischen Synagoge in Wien II, Zirkusgasse 22, Klaus Lengauer, Diplomarbeit, TU Wien, 2006, S. 10

⁷⁵ laut dem Prediger des Tempels Adolf Jellinek müsse sich der Jude der Gegenwart nun nicht mehr verbergen und verhüllen und die Pforten seiner schönen Gotteshäuser kann er weit öffnen. aus: Predigen, Zweiter Theil, Adolf Jellinek, Carl Gerold's Sohn, Wien, 1863, S.9

⁷⁶ Wiener Zeitung 16.6.1858, S.6



Abb. 2-73: Foto nach 1900

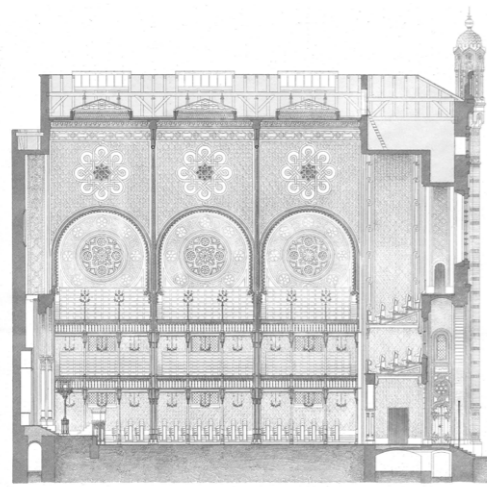


Abb. 3-1: Längsschnitt ABZ 1859

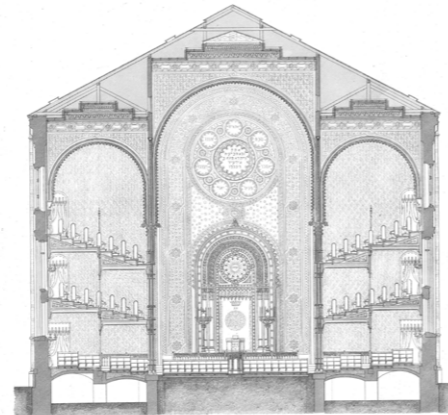


Abb. 3-2: Längsschnitt ABZ 1859

3. DIE RECHERCHE

Durch die Vorarbeit von Dipl. Ing. Daniela Wallmüller⁷⁷ war keine Grundlagen-Recherche mehr notwendig. Etwaige Recherchen betrafen eher andere Bereiche z.B.: das Durchforsten alter Zeitungsartikel und Berichte. Diese geben einen tieferen Einblick in die genaue Ausgestaltung des Tempels und sollten für die interaktive Visualisierung sehr wichtig werden, da sie Informationen über die Abläufe in der Synagoge lieferten.

3.1 VERFÜGBARE UNTERLAGEN FÜR DIE REKONSTRUKTION

Als Startpunkt für die Rekonstruktion dienen die Präsentationspläne Försters (Abb. 3-1 bis Abb. 3-4), welche erst nach der Vollendung des Baues in der Bauzeitung 1859 veröffentlicht wurden – somit kann man davon ausgehen, dass dieser den ausgeführten Bestand widerspiegelt. Weitere Pläne waren die Einreichpläne Försters von 1855 (welche aber wie erwähnt abweichen) und einige Renovierungspläne 1905 unter Oskar Marmorek. Auf diesen Plänen sind aber viele Bereiche nicht genau genug dokumentiert.

Glücklicherweise galt der Leopoldstädter Tempel schon damals als wegweisend und daher existieren zusätzlich einige Aufnahmen und Malereien, die den Tempel zeigen. Trotz all diesen Untersuchungen gab es noch viele ungeklärte Fragen über das Erscheinungsbild der Synagoge, daher war das folgende Kapitel besonders wichtig.

3.2 AUSWAHL VON VERGLEICHBAREN GEBÄUDEN

Um auch bei nicht ausreichender Beweislage bzw. Informationsslücken eine glaubhafte Rekonstruktion bewerkstelligen zu können, müssen auch ähnlichen Synagogen bzw. Vergleichsbauten betrachtet werden.

Da der Leopoldstädter Tempel als Vorbild und Schablone für viele Synagogenbauten im alten Habsburgereich diente, konnte von diesen Bauten auf den Tempel zurückgeschlossen werden. Nachfolgend einige dieser Synagogen:

Die **Synagoge in Pardubice** (Abb. 3-5) wurde ca. 10 Jahre nach dem Tempel erbaut, wobei sich der Architekt umfassend an der Erscheinung bediente, einzelne Elemente wie Fenster scheinen 1:1 kopiert worden zu sein. Auffällig ist aber ein

⁷⁷ Computerunterstützte Rekonstruktion des Leopoldstädter Tempels, Daniela Wallmüller, Dipl.-Arbeit, TU Wien, 2001

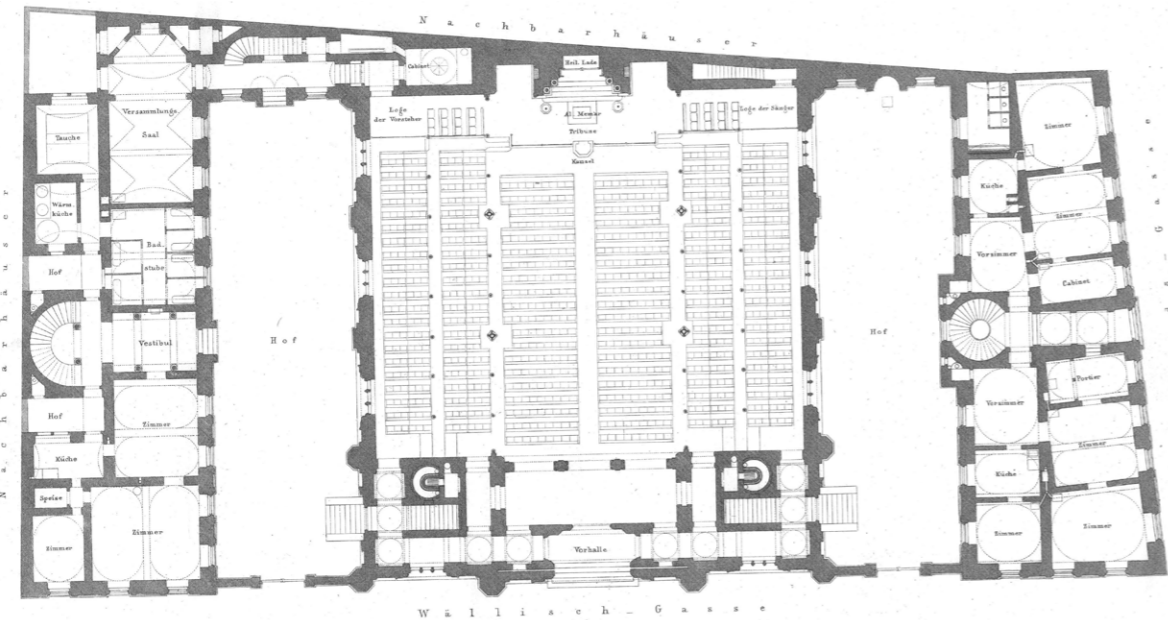


Abb. 3-3: Erdgeschoss ABZ 1859

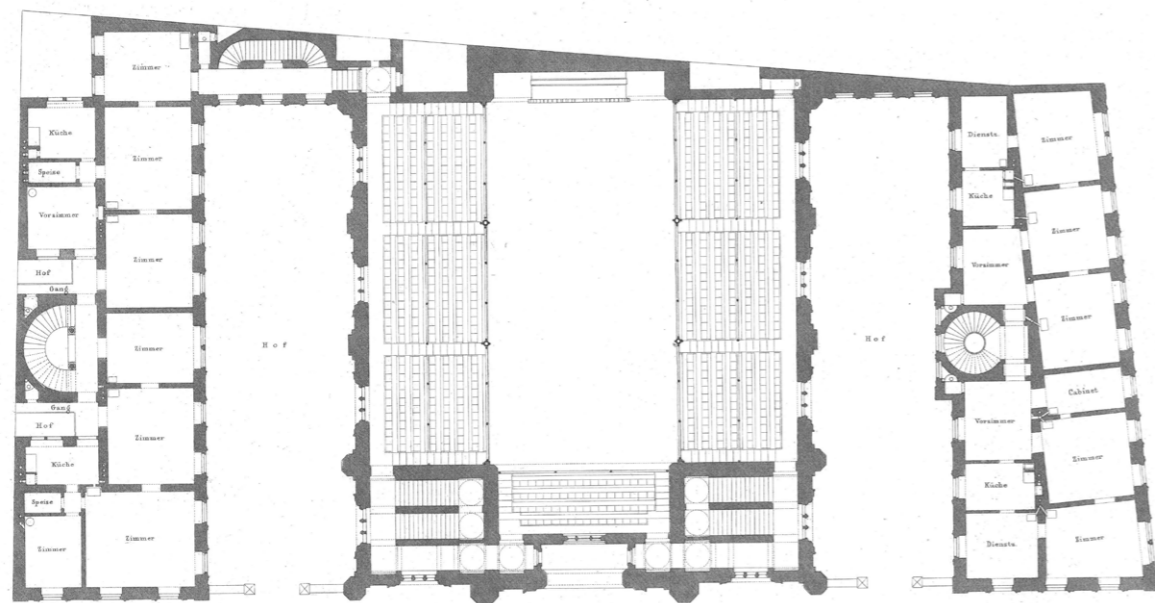


Abb. 3-4: Erstes Geschoss ABZ 1859

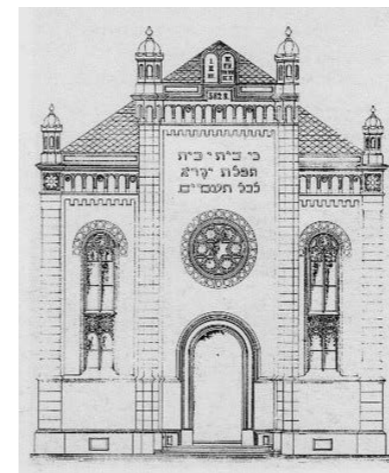


Abb. 3-5: Synagoge in Pardubice

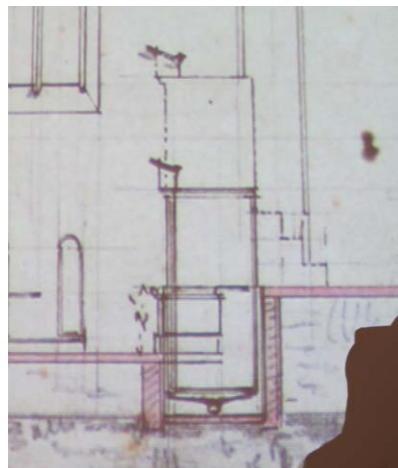


Abb. 3-6: Synagoge in Pardubice, Kanzel

besonderes Detail: die hochfahrbare Kanzel. Durch einige Berichte war bekannt, dass auch der Leopoldstädter Tempel so eine hochfahrbare Kanzel besaß. Wie erwähnt ist diese aber auf keinen Plänen dargestellt. Ein ähnlicher Mechanismus wurde aber in dieser sehr ähnlichen Synagoge gefunden (Abb. 3-6) - daher muss davon ausgegangen werden, dass sie mit der Kanzel des Leopoldstädter Tempels im Großen und Ganzen übereinstimmt.

Der **Choral Tempel in Bukarest** scheint von Außen ebenso eine 1:1 Kopie zu sein, jedoch weicht er im Inneren durch die überwölbten Schiffe doch deutlich vom Leopoldstädter Tempel ab. Viele verschiedene Details (Torah-Schrein, die Geländer, die Frauengalerie) scheinen dennoch auch hier übernommen worden zu sein. Die Kopie des Tempels ging scheinbar sogar soweit, dass selbst die Sitzplatzkarten sich sehr stark ähnelten.



Abb. 3-7: Der Choral-Tempel



Abb. 3-8: Sitzkarte Wiener Tempel



Abb. 3-9: Sitzkarte Bucharest

Auf Nachfragen des Verfassers waren die zuständigen Personen sehr kooperativ (der Dank gilt Gilbert Shaim, Andrei Birsan und Mihai Petre). Sie stellten hochauflösende Bilder zur Verfügung, welche sehr hilfreich waren.

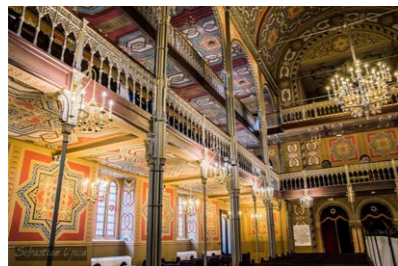


Abb. 3-10: Der Innenraum des Choral-Tempels



Abb. 3-11: Restaurierung Choral Tempel

Die **Große Synagoge in Budapest** war wohl die größte Hilfe bei der Rekonstruktionsarbeit, denn sie wurde beinahe zeitgleich mit dem Tempel errichtet und vom selben Architekten geplant. Ludwig Förster wurde von der Budapester Baukommission berufen, nachdem er bereits die Pläne für die Tempelgasse



Abb. 3-12: Budapest Synagoge



Abb. 3-13: Innenraum der Budapester Synagoge



Abb. 3-14: Entwurf der Ostwand



Abb. 3-15: Synagoge in der Innenstadt

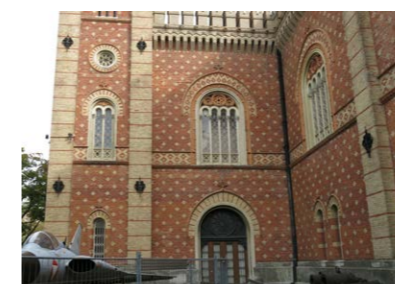


Abb. 3-16: HGM Nah

angefertigt hatte. Die Kommission dürfte von Förster, dem erfahrenen Wiener Meister, sehr beeindruckt gewesen sein, denn die ursprünglichen, weit fortgeschrittenen Einreichungen von den Architekten József Hild und Frigyes Feszl wurden plötzlich abgelehnt und somit die Arbeit von Monaten und vielen Sitzungen zunichte gemacht.⁷⁸

Einige Elemente wurden 1:1 übernommen, was den Verdacht nahe legt, dass man vielleicht auch eine komplette Kopie des Leopoldstädter Tempels in Betracht zog. Jedoch weist die ausgeführte Synagoge stärkere Ähnlichkeiten zu einer Kathedrale auf.

Nach einem Bruch der Auftraggeber mit Förster vollendete Frigyes Feszl den Innenraum, daher ist er als Vergleichsobjekt für meine Rekonstruktionsarbeit nur mit Vorsicht zu behandeln. Durch einen Zeitungsbericht konnte herausgefunden werden, dass Förster sehr unzufrieden über die Innenraumausarbeitung war und sich von dieser öffentlich distanzierte.⁷⁹ Inwiefern dieser also von Försters Vorstellungen abweicht, würde weiterer Rechercharbeit bedürfen. Auf jeden Fall wurde die Heilige Lade entgegen Försters Entwurf errichtet. Dieser Entwurf war ursprünglich beinahe identisch mit dem Plan für den Leopoldstädter Tempel.

Trotz der vorhandenen Unsicherheit über die Übereinstimmung stand der Budapester Tempel für die Rekonstruktion des Eingangsbereichs, die Sitzbänke und die allgemeine Oberflächengestaltung Pate.

Die **Synagoge in der Innenstadt in Timisoara** (Abb. 3-15) wurde vom Wiener Architekten Ignatz Schuhmann zwischen 1863-65 errichtet. Sie zeugt deutliche Ähnlichkeiten mit dem Leopoldstädter Tempel, aber auch der Budapester Synagoge.

Neben diesen Synagogenbauten waren auch zeitgenössische profane Bauten bei gewissen Fragestellungen hilfreich:

So z.B.: das ebenso in Sichtziegel-Architektur errichtete **Arsenal** im 3. Wiener Gemeindebezirk. (Abb. 3-16) Über das Arsenal wurde bereits im Kapitel „Der Baustil“ berichtet.

⁷⁸ The Great Synagogue of Budapest, Rudolf Klein, Hungarian edition TERC Kft., Budapest, 2008, S. 71

⁷⁹ Die Presse vom 27.03.1858, S. 6



Abb. 3-17: Diverse Detailaufnah-



Abb. 3-18: Kirche am Fleischmarkt



Abb. 3-19: Altlerchenfelder Kirche



Abb. 3-20: Schloss Rotenturm

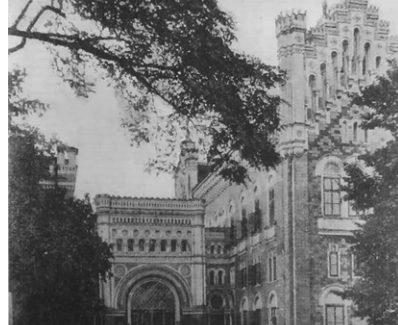


Abb. 3-21: Schloss Rotenturm

Es ist anzunehmen, dass die optische Beschaffenheit des Leopoldstädter Tempels der des Arsenalts ähnelte, daher wurden einige Fragen, wie z.B.: der genaue Farbton der Ziegel anhand des Arsenalts gelöst. (Abb. 3-17)

Die von Hansen entworfene **Kirche am Fleischmarkt** (Abb. 3-18) weist ebenso große Ähnlichkeiten auf z.B.: ein Ziegelmuster. Darüber hinaus konnten mehrere Bauten des Rundbogenstils und des „Rohbaues“ einige offene Fragen klären, z.B.: die Altlerchenfelder Kirche. (Abb. 3-19) Diese entstand in etwa zur selben Zeit wie der Leopoldstädter Tempel. Insbesondere die Seitentrakte und die Rundbogenfenster des Tempels ähneln diesem Bau. Der Tempel wäre der Kirche sogar noch ähnlicher gewesen, wäre er nach dem ursprünglichen Einreichplan erbaut worden, z.B.: die Fenstereinfassungen (vgl. Kapitel 2.3.9 auf Seite 23).

An dieser Stelle erwähnenswert ist das Schloss Rotenturm (Abb. 3-20 und Abb. 3-21) im Südburgenland, welches der Verfasser schon seit seiner Kindheit kennt und bewundert. Ebenso im maurischen Stile zwischen 1862 bis 1864 durch den ungarischen Architekten Anton Weber (wie L. Förster ein Schüler Peter v. Nobiles!) in Sichtziegelarchitektur errichtet, hat es einen großen Einfluss auf die persönliche Präferenzen des Verfassers dieser Arbeit gehabt. Dipl. Ing. Swittalek vom Bundesdenkmalamt ist überzeugt, dass der Architekt sich am Schloss Königstetten (Förster & Hansen) orientiert hatte, wofür auch die ähnlichen Grundrisse und Merkmale wie der Laubengang sprechen würden.⁸⁰ An diesem Schloss finden sich einige Übereinstimmungen in der Ornamentik mit dem Leopoldstädter Tempel, z.B.: in den Säulenkapitellen und in der Fassadengestaltung (vgl. Ziegelmuster).

Dieses Unterkapitel abschließend werden einige „Provinz“-Synagogen gezeigt (Abb. 3-32 bis Abb. 3-37), deren Erscheinungsbild eindeutig durch den Leopoldstädter Tempel beeinflusst wurde. Aufgrund ihrer einfachen Ausführung haben sie aber nur eine untergeordnete Bedeutung für diese Rekonstruktionsarbeit. Sie verdeutlichen jedoch den massiven Einfluss des Leopoldstädter Tempels auf den Synagogenbau im Habsburgerreich bzw. die Bedeutung der Veröffentlichung der Pläne in der ABZ 1859, welche die Synagoge in der Architekturszene weithin bekannt machte.

⁸⁰ Burgenländische Heimatblätter, Die Baugeschichte der Erdödy-Schlösser in Rotenturm an der Pinka, Karl Ulbrich, Eisenstadt, 1978

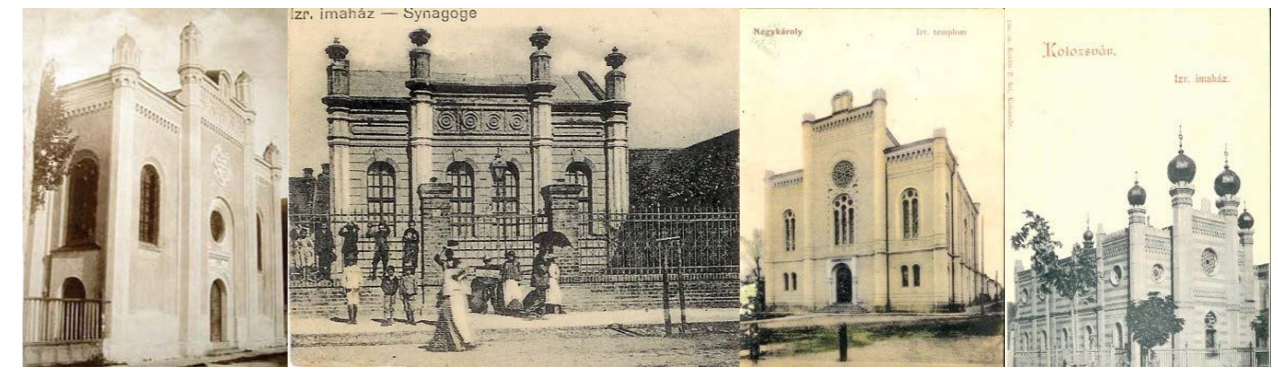


Abb. 3-22: Banská Bystrica, SK Abb. 3-23: Bela Crkva, SRB Abb. 3-24: Carei, RO Abb. 3-25: Cluj, RO

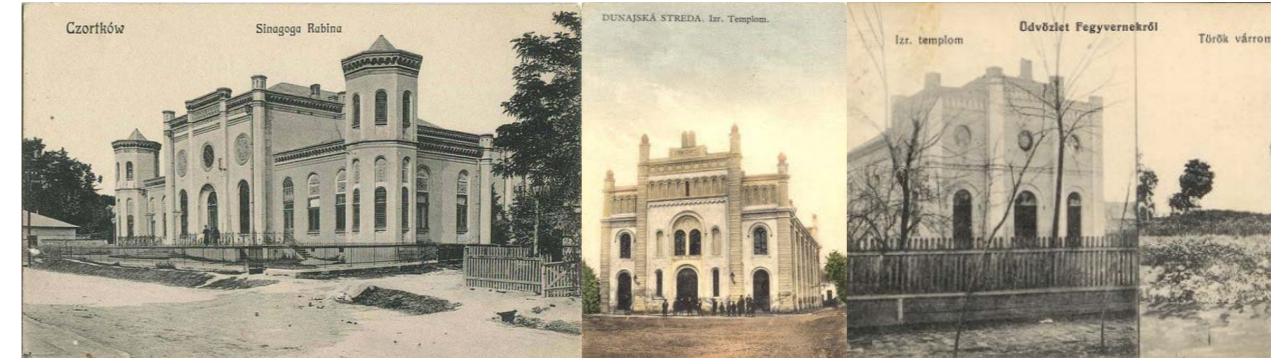


Abb. 3-26: Tschortkiw, UA Abb. 3-27: Dunajská Streda, SK Abb. 3-28: Fegyvernek, HU



Abb. 3-29: Zlotów, PL Abb. 3-30: Chorzów, PL Abb. 3-31: Koprivnica, HR



Abb. 3-32: Marosludas, RO Abb. 3-33: Szekszárda, HU Abb. 3-34: Tárnáveni, RO



Abb. 3-35: Vercelli, IT Abb. 3-36: Vrbove, SK Abb. 3-37: Zagreb, HR

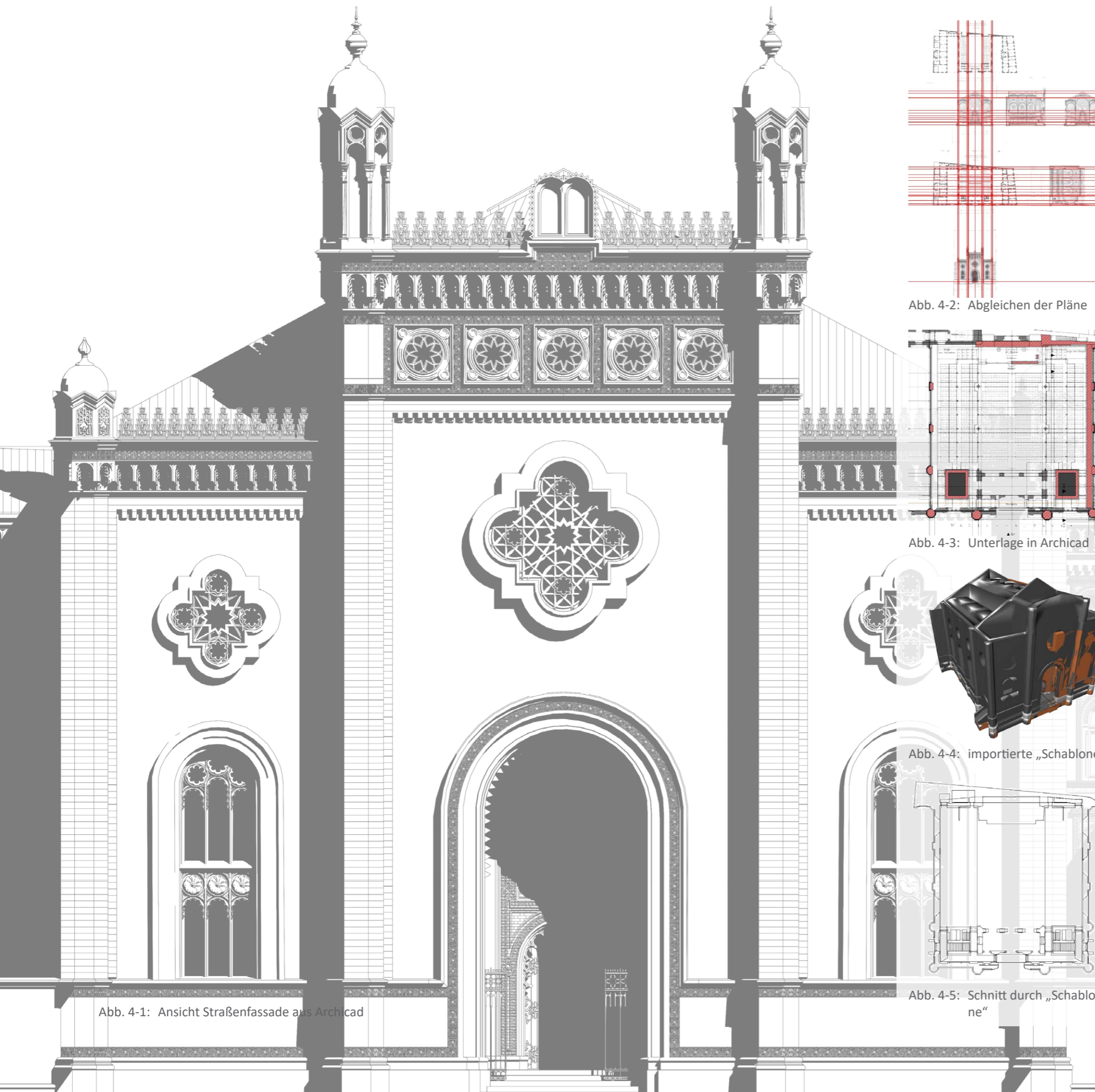


Abb. 4-1: Ansicht Straßenfassade aus Archicad

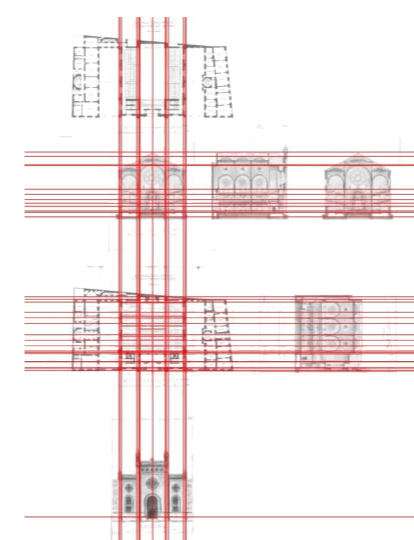


Abb. 4-2: Abgleichen der Pläne

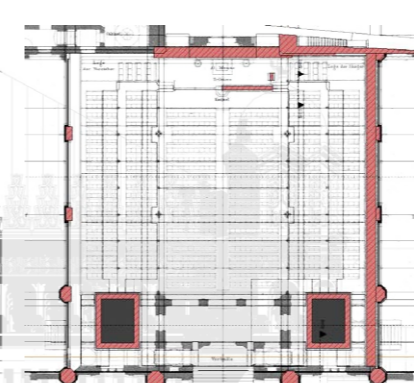


Abb. 4-3: Unterlage in Archicad

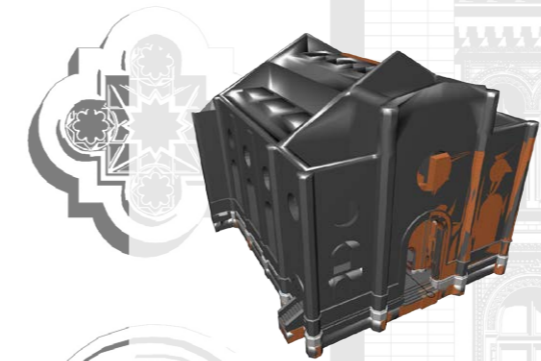


Abb. 4-4: importierte „Schablone“

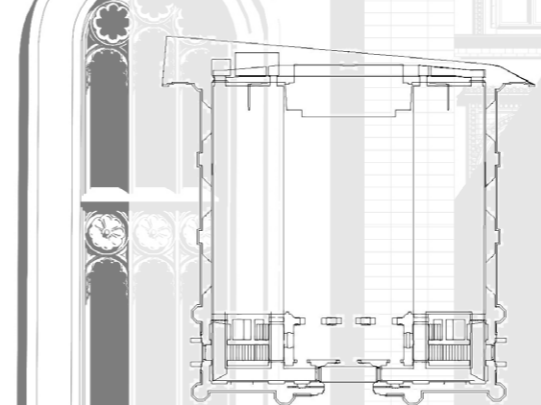


Abb. 4-5: Schnitt durch „Schablone“

4. DIE VIRTUELLE REKONSTRUKTION

Für die grundlegende Rekonstruktion wurden hauptsächlich die Programme „ArchiCAD“ der Firma Graphisoft und „3ds Max“ der Firma Autodesk verwendet um ein „BIM-Modell“ (Building-Information-Model) zu generieren, welches einer Bibliothek von bereits rekonstruierten Synagogen unter der Leitung von Bob Martens und Herbert Peter hinzugefügt wird, um als Grundlage für weitere Forschungsarbeit zu dienen. Dies stellte sich als besonders komplexe Aufgabe heraus, da das erstellte Modell auch als Grundlage für eine Echtzeitvisualisierung dienen sollte.

4.1 ERSTELLUNG

Die Rekonstruktion von Synagogen mithilfe der Software „ArchiCAD“ wurde von den KollegInnen des Forschungsprojekts bereits ausführlich beschrieben. Da sich diese Arbeit auf einen anderen Schwerpunkt konzentrieren will, wird diesem Thema nur ein relativ kurzer Abschnitt gewidmet.

Zuerst wurden die Pläne im Programm „AutoCAD“ der Firma Autodesk importiert und mit Hilfe der Maßstabsleiste auf den richtigen Wert skaliert. Anschließend wurden sie durch „unendliche Linien“ aufeinander abgestimmt (Abb. 4-2). Diese als .dwg gespeicherte Datei wurde dann als „externe Zeichnung“ in ArchiCAD importiert und platziert. Sie diente als Unterlage für die weitere Rekonstruktion. (Abb. 4-3)

Da nur sehr wenige genaue Längenangaben eingezeichnet waren, mussten die genauen Maße auf Basis dieser Pläne geschätzt werden. Auch wurde ein „Referenz-Modell“ als „Schablone“ importiert (Abb. 4-4 bzw. Abb. 4-5, Herstellung siehe 4.1.1 auf Seite 42).

Durch diese Unterlagen wurden dann die Geschosshöhen eingeteilt. Die Geschosseinteilung ist wie folgt:

Nr.	Name	Höhenkote	Geschosshöhe
4	UK Mittelschiff	23,5000	2,9000
3	UK Seitenschiffe	19,0000	4,5000
2	2. Galerie	10,5700	8,4300
1	1. Galerie	5,8000	4,7700
0	Erdgeschoss	0,0000	5,8000
-1	Strasse	-1,0000	1,0000
-2	Keller	-2,1500	1,1500

Abb. 4-6: Geschosseinteilung

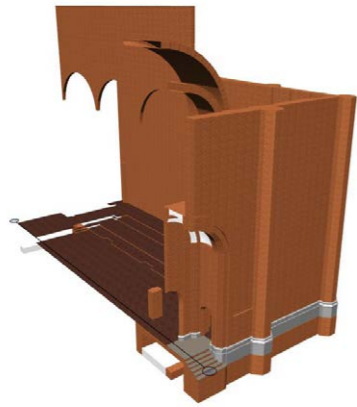


Abb. 4-7: Bearbeitung nur einer Seite

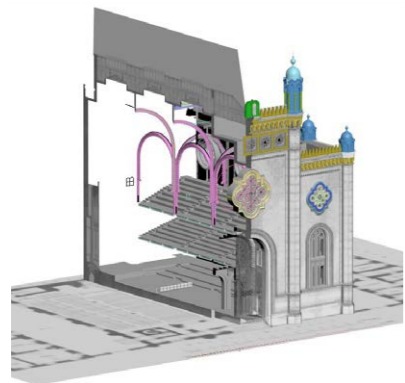


Abb. 4-8: Diverse Modelle in 3ds Max

Um wertvolle Arbeitszeit zu sparen wurde zuerst nur eine Hälfte der Synagoge erstellt und dann mithilfe einer Symmetrieachse gespiegelt. (Abb. 4-7)

Die Modellierung in ArchCAD durch Standardwerkzeuge wie den Profilmanager, das Morphtool, das Schalentool, das Dachtool, die SEO-Operationen, Bibliotheksobjekte etc. bedarf wohl keiner weiteren Erläuterung und wurde in anderen Arbeiten hinlänglich beschrieben.

Komplexe Elemente wie Fenster oder Säulen wurden mithilfe der Software „3ds-Max“ erstellt, um sie für die Echtzeitvisualisierung nicht doppelt modellieren zu müssen. So entstand parallel zu dem Modell in ArchiCAD auch eine Modellsammlung in 3ds-Max. (Abb. 4-8) Häufig wurden auch Objekte wie Wände, Dächer etc. aus ArchiCAD als .3ds-Datei in 3ds Max importiert, um den aktuellen Modellierungsstand in ArchiCAD auch in 3ds Max zu „spiegeln“.

Die ArchiCAD-Rekonstruktion musste aufgrund einer geplanten Ausstellung im Herbst 2016 relativ zügig erstellt werden. Dadurch wurde eine entsprechende Dokumentation der Arbeitsschritte verpasst, sodass im Nachhinein eine erneute Aufarbeitung notwendig war. Als größtes Problem sollte sich aber die falsche Skalierung herausstellen, auf welche im Kapitel 4.1.3 separat eingegangen wird.

4.1.1 ERSTELLEN EINES REFERENZ-MODELLS IN 3DS-MAX AUS DEN PLÄNEN

Als einen wichtigen Schritt der Vorarbeit zur Rekonstruktion wurde mithilfe der Software 3ds-Max aus den Präsentationsplänen ein einfaches 3d-Modell erstellt, welches half, räumliche Zusammenhänge besser zu verstehen. Auch konnten so mögliche Diskrepanzen innerhalb der Präsentationspläne bereits im Vorhinein erkannt werden.

Nachfolgend wird die Erstellung beschrieben:

Auf eine einfache Ebene wird ein Präsentationsplan als „Textur“ gelegt. Die Dimension dieser Ebene stimmt mit den Dimensionen des Bildes (in Pixel) überein, um das richtige Verhältnis zu erlangen. (z.B.: ein Bild mit 500x1000 Pixel wird auf eine Ebene mit 500x1000 cm projiziert) (Abb. 4-9) Die wirkliche Länge ist in diesem Schritt noch egal, denn erst anschließend wird diese Ebene mithilfe einem Referenzmaß auf das richtige Maß skaliert.

Dieser Vorgang wird mit allen Plänen wiederholt. Danach werden sie an ihre jeweiligen Plätze ineinander verschoben. So wird es bereits früh möglich, ein dreidimensionales Gebilde zu erkennen. (Abb. 4-10)

Diese einfachen Flächen werden anschließend mithilfe polygonaler Werkzeuge Schritt für Schritt in weitere Unterflächen (Flächen mit unterschiedlicher Projektionstiefe, z.B.: eine Fläche im Vordergrund und eine im Hintergrund) unterteilt. (Abb. 4-11) Durch diese weitere Unterteilung, das Verschieben der Flächen an die richtige Position und das Auffüllen der Fehlstellen durch Flächen aus anderen Projektionen (Abb. 4-12) wird so ein noch definierteres Modell erstellt. (Abb. 4-13)

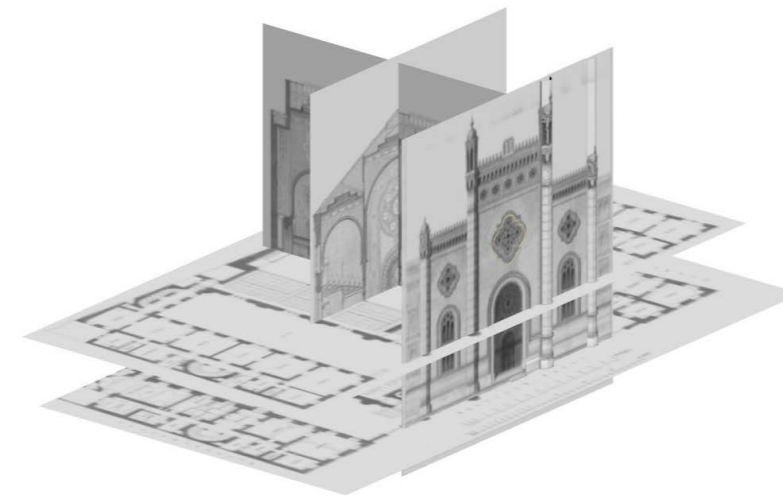


Abb. 4-10: Alle Pläne an ihrem richtigen Ort

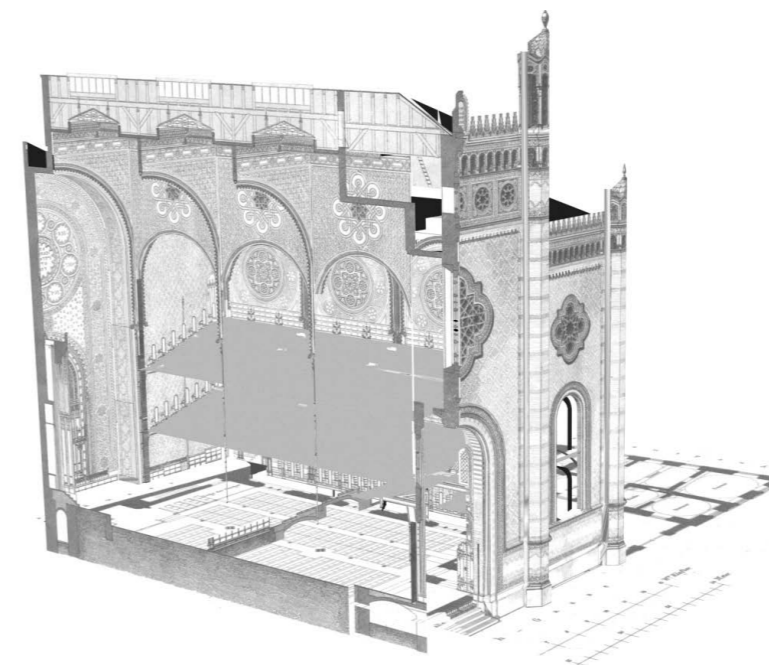


Abb. 4-13: Das so gewonnene Modell

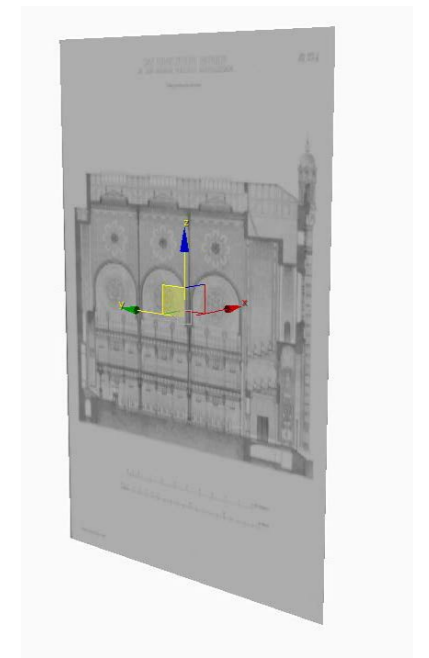


Abb. 4-9: Eine Ebene mit dem Plan als Textur

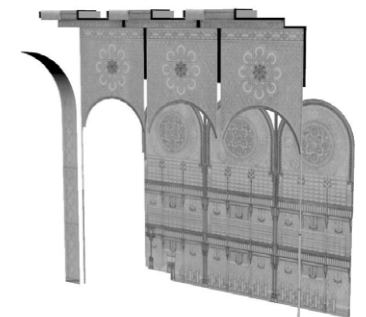


Abb. 4-11: Verschiedene Projektionstiefen werden getrennt

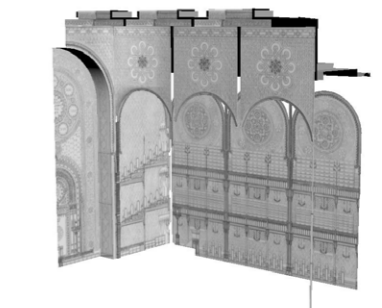


Abb. 4-12: Mehrere so bearbeitete Pläne werden zu einem Modell vereint

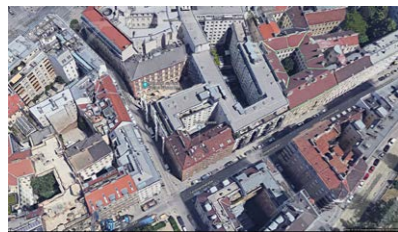


Abb. 4-14: Photogrammetrisches Stadtmodell von Google



Abb. 4-15: Photogrammetrie der Tempelgasse



Abb. 4-16: Photogrammetrie der Tempelgasse mit Kamera-Standpunkten (Pyramiden)



Abb. 4-17: Photogrammetrie des erhaltenen Seitentraktes



Abb. 4-18: Nahansicht des Modells des Seitentrakts, Drahtgitterauflösung erkennbar

4.1.2 VERWENDUNG PHOTOGRAMMETRIE

Bei Photogrammetrie handelt es sich um eine Technik, reale Objekte durch abfotografieren in ein virtuelles Modell zu überführen. Hierfür werden aus verschiedenen Standpunkten und Höhen Bilder aufgenommen, welche sich teilweise überlagern. Durch diese Bilder erkennt ein Computeralgorithmus dann gemeinsame Punkte, woraus ein Polygonnetz erstellt wird. Geeignete Software ist z.B.: Agisoft Photoscan, Reality-Capture oder Autodesk Recap. Letztgenanntes wird vom Verfasser aufgrund der kostenlosen Studentenversion genutzt. Die Technik der Photogrammetrie wird immer beliebter, denn sie ermöglicht ein „Scannen“ einer realen Umgebung mit relativ billigen Mitteln (bereits eine gute Smartphone-Kamera kann ausreichen), ohne extra einen teuren Laserscanner benutzen zu müssen. Für größere Objekte ist aber die Anschaffung einer Drohne von Nöten. Die Genauigkeit des Modells hängt weniger von der Fotomenge ab, sondern davon, ob alle Flächen umfassend ersichtlich sind. Weitere Faktoren sind die Größe des aufzunehmenden Bereichs (bzw. aus welcher Distanz die Fotos geschossen wurden), die Fotoauflösung (Pixelanzahl) und Schärfe (das Objekt sollte vollkommen scharf und im Fokus sein). Ein Laserscanner ist in der Regel um einiges genauer, bei kleineren Objekten und genügend Fotos ist die Abweichung aber selbst bei Photogrammetrie nur im Millimeter-Bereich.

Auch z.B.: Google verwendet diese Technik, um aus Satelliten bzw. Flugfotos ihre 3D-Stadtmodelle zu generieren.⁸¹ Mithilfe dieser Technik wurde die heutige Tempelgasse bzw. ein Teil der Ferdinandsstraße gescannt. (Abb. 4-15, Abb. 4-16) Das Modell ist zwar aufgrund der relativ wenigen Fotos und der beschränkten Höhenunterschiede zwischen den Fotos sehr grob (eine Drohne würde hier Abhilfe schaffen), vermittelt aber dennoch einen guten räumlichen Zusammenhang. (Abb. 4-19) Da ein Seitentrakt die Zerstörungen überstand, konnte auch er durch Photogrammetrie digitalisiert werden. (Abb. 4-17) Nachdem dieses Modell mithilfe einer vor Ort gemessenen Referenzlänge auf die richtige Größe skaliert wurde, konnte

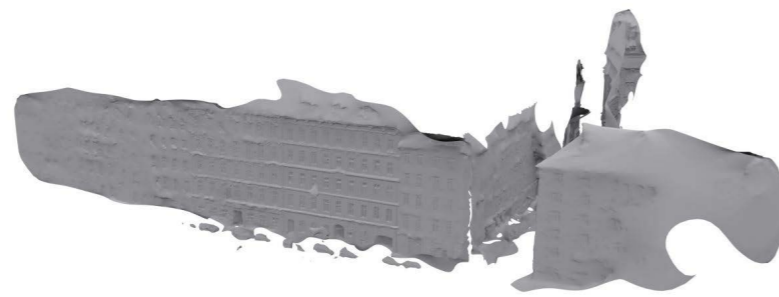


Abb. 4-19: Ferdinandsstraße und Tempelgasse ohne Textur

81 https://www.youtube.com/watch?v=suo_aUTUpps, abgerufen am 18.04.2018, ca. bei 3min 20sek

von diesem Modell durch Vergleiche auf das restliche Modell geschlossen werden bzw. es zur Überprüfung der richtigen Dimensionen zu Rate gezogen werden.

4.1.3 SKALIERUNGSPROBLEM

Als die Arbeit am Modell so gut wie abgeschlossen war, sollte es in ein bestehendes Stadtmodell Wiens (Modell wien.gv.at) eingesetzt werden. (Abb. 4-20) Hierbei fiel auf, dass es zu weit in die Ferdinandsstraße hineinreicht - dies bedeutete, dass das ganze Modell falsch dimensioniert sein musste. Das Problem wurde als falsch dimensionierte Maßstabsleiste in den Präsentationsplänen erkannt, welche als Referenzlänge diente. (Abb. 4-25) Von dieser wurde im Vorhinein angenommen, diese würde stimmen. Es musste aber festgestellt werden, dass die abgebildeten 30 Meter nicht 30 Meter in Wirklichkeit entsprachen. So war der Gebäudekomplex insgesamt über 75 Meter lang, das heutige Grundstück misst aber nur knappe 69 Meter!

Hieraufhin wurden Försters ursprüngliche Einreichpläne noch einmal untersucht. (Abb. 4-24) Diese enthalten einige, schlecht leserliche Bemaßungen, welche im damaligen Längenformat „Klafter“ angegeben wurden. Hier wird der Wert 38 Klafter, 4 Fuß und 10 Zoll für die Gesamtlänge angegeben, was umgerechnet ca. 73,6 m entspricht - einem Wert, der schon mehr den 75 Metern des erstellten Modells entspricht. Umgerechnet auf diesen Wert von ca. 75 Metern musste das ganze Modell also mit dem Faktor $\sim 0,9791$ multipliziert werden. Dies entsprach aber ebenso nicht den 69 Metern der heutigen Grundstückslänge.

Nach der Überlagerung der alten Flugbilder (Abb. 4-22 bzw. Abb. 4-23) wurde deutlich, dass das Grundstück zugunsten einer breiteren Ferdinandsstraße verkleinert wurde – dies ist vor allem im gegenüberliegenden Nachbargebäude, ein durch Bombentreffer zerstörtes Gebäude, ersichtlich, denn hier fehle die in die Ferdinandsstraße überstehende „Ecke“.

Die anschließende Skalierung des Modells in ArchiCAD (Abb. 4-26) war ein Unterfangen, welches mehrere Wochen in Anspruch nahm. Konnte das Referenzmodell in 3ds-Max einfach gruppiert und um den Faktor 0,979 verkleinert werden, ging dies bei einem BIM-Modell natürlich nicht, da die Dimensionierung in xyz-Richtung von verschiedenen Faktoren abhängt (z.B.: der Geschossteilung) und normalerweise von vornherein mit den richtigen Dimensionen gearbeitet wird. So musste die Skalierung in ArchiCAD in zwei Schritte unterteilt werden:

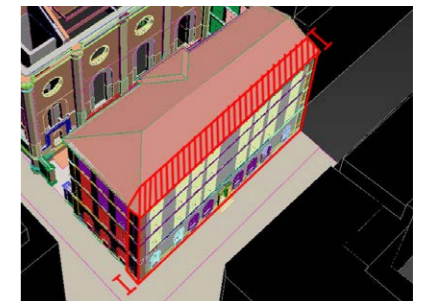


Abb. 4-20: Eingesetztes Modell

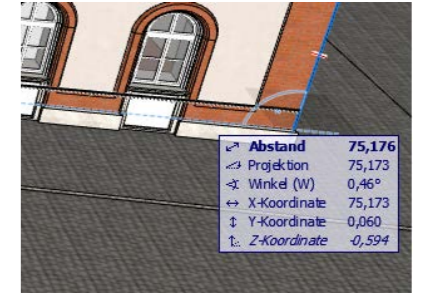


Abb. 4-22: Flugbild 1938



Abb. 4-23: Flugbild 1955



Abb. 4-24: Längenangabe Einreich-

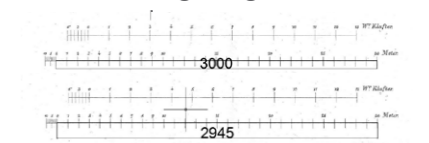


Abb. 4-25: Original und unkorrigierte Längenangabe

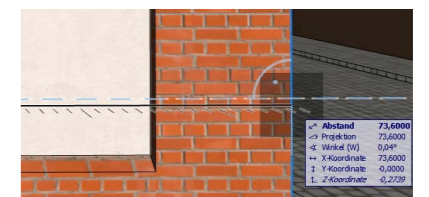


Abb. 4-26: Länge nach Anpassung



Abb. 4-27: Ungenauigkeit 1

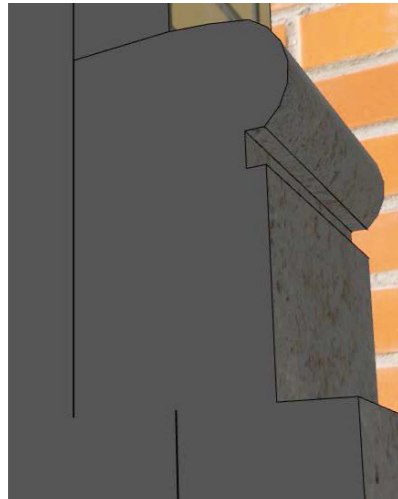


Abb. 4-28: Ungenauigkeit 2

Zuerst wird per Befehl „Größenänderung“ eine Skalierung in der xy-Ebene bewirkt (ausgehend vom Projektursprung 0,0). Da die z-Höhe aber abhängig von den Geschosshöhen ist, mussten die Geschosshöhen direkt um diesen Faktor verändert werden. Um aber ein Verschieben von Elementen in z-Richtung zu verhindern, wurden im Vorhinein alle Elemente per „Ursprungsgeschoss neu verknüpfen“ dem Geschoss 0 zugeteilt. Dann wurden die Geschosshöhen mit diesem Faktor multipliziert (sie haben nun aber keine direkte Höhenänderung von Elementen zur Folge, da sie davor der Ebene 0 zugewiesen wurden). Schließlich wurden alle Elemente wieder ihren jeweiligen Geschossen zugeteilt und die Höhen anhand dieser neuen Geschosshöhen manuell angepasst.

Wie man sieht war dies sehr aufwendig und brachte auch viele zusätzliche Probleme mit sich: So wurden aus geraden Werten natürlich ungerade Zahlen und die Skalierung beeinflusste die Wände, welche mithilfe komplexer Profile erstellt wurden, nicht. Hier mussten auch die Profile im Profilmanager ausgewählt und händisch verkleinert werden. Durch all diese Probleme sind sicherlich noch einige Ungenauigkeiten enthalten. (Beispiele behobener Ungenauigkeiten: Abb. 4-27 bzw. Abb. 4-28)

Natürlich musste auch darauf geachtet werden, dass die ausgeblendeten Objekte (wie Abzugskörper) korrekt skaliert wurden.

4.1.4 ERSTELLUNG KOMPLEXER GEOMETRIE IN 3DS MAX FÜR DIE NUTZUNG IN ARCHICAD



Abb. 4-29: Fenster vor Ort



Abb. 4-30: Entzerrtes Foto

Wie bereits erwähnt, wurde komplexe Geometrie extern in 3ds Max modelliert, um ihre Kompatibilität für eine Echtzeitnutzung zu steigern, ohne dabei vollends auf die Vorteile eines BIM-Modells verzichten zu müssen.⁸² Der Ablauf war wie folgt: Die Elemente wurden auf Basis von Fotos (im Falle des Seitentraktes) oder von Plänen modelliert. Das hier gezeigte Fenster wurde aus Fotos des Seitentraktes (Abb. 4-29) extrahiert und auf Basis des orthogonalen Plans in Photoshop entzerrt. (Abb. 4-30) Dadurch konnte eine „abpausbare“ Unterlage geschaffen werden.

⁸² Anmerkung: Bei einfachen, modernen Bauten könnte auch direkt das Archicad-Modell verwendet werden, bei einer (großen) Synagoge mit dermaßen vielen Ornamenten würde die Optimierungszeit aber ins Unermessliche steigen. Es wurde daher versucht, einen Kompromiss zwischen der Echtzeitnutzung und die Wiederverwertbarkeit des ArchiCAD-Modells zu finden (im Bezug auf die Eingliederung in das Projektarchiv). Dem Verfasser scheint es zur Zeit ohne entsprechende Automatisierung einfach unmöglich, in einem vernünftigen Zeitrahmen alles doppelt zu modellieren. Theoretisch können die extern importierten Modelle nun als Vorlage dienen, um neue Elemente nativ in Archicad zu erstellen.

Mithilfe polygonaler Modellierung (Abb. 4-31) wurden dann die einzelnen Elemente des Fensters (Aufteilung in unterschiedliche Materialien) wasserdicht modelliert (das bedeutet keine Löcher und saubere Geometrie, ohne doppelte Scheitelpunkte, Kantenverschneidungen etc.) (Abb. 4-32 bzw. Abb. 4-33) und als .dxf-Datei exportiert. Gleichzeitig wurde auch eine einfache „Abzugskörperschablone“ mit exportiert (Abb. 4-34), welcher nachher als Schablone für ein Deckenelement genutzt werden kann. (Dieses Deckenelement wird wiederum für den Anschluss an die Wand benötigt.)

Diese Elemente werden dann im Programm „Autocad Architecture“ der Firma Autodesk importiert. Das importierte „Netz“ wird mithilfe des Befehls „_AecMassElementConvert“ in ein Massenobjekt umgewandelt und dann durch den Befehl „_AecConvertto3DSolids“ in ein „Solid“-Objekt (3D-Volumenkörper) (Abb. 4-35) konvertiert. Danach wurden diese Objekte als .ifc-Datei exportiert. Dann wurden sie in einem leeren ArchiCAD-Projekt importiert (Abb. 4-36), zu „Morphs“ konvertiert (Layer entsperren nicht vergessen!), wenn nötig die Kantendarstellung manuell angepasst, wenn nötig gedreht (liegend für Fenster und Türen) und Materialien vergeben. (Abb. 4-37) Außerdem wurde eine Decke mit der ID „wallhole“ mithilfe der vorher erstellten Abzugskörperschablone erstellt (durch Klicken mit gedrückter Leertaste während der Deckenerstellung) und schließlich als ein Bibliothekselement (in diesem Falle als Fensterobjekt) gespeichert, welches im Hauptprojekt dann dazugeladen werden konnte.

Hier sind die notwendigen Schritte noch einmal im Kurzformat aufgelistet:

- **Das Modell wird extern (z.B.: in 3ds-Max) modelliert**
- **Export als .dxf Datei**
- **.dxf Datei wird in Autocad Architecture (unbedingt Architecture!) importiert**
- **Konvertierung in ein Massenelement**
- **Konvertierung in ein „Solid“**
- **Export als .ifc Datei**
- **.ifc Datei import in Archicad**
- **Bibliothekselement-Erstellung in Archicad wie bekannt**

Durch diese Technik erhält man relativ „saubere“ geschlossene Morph-Objekte bzw. Bibliothekselemente in ArchiCAD mit richtigen Materialunterteilungen. (Abb. 4-38)

Diese Modelle aus 3ds-Max waren aufgrund der Echtzeitvisualisierung bereits optimiert (im Sinne weniger Polygone, siehe Exkurs C.2.1) und somit war ein effizientes Arbeiten auch in ArchiCAD mit importierten Elementen möglich. Unoptimierte Elemente würden als „Morph“-Objekte dazu führen, dass die



Abb. 4-31: Polygonale Modellierung auf Basis des Fotos



Abb. 4-32: Fertiges Modell

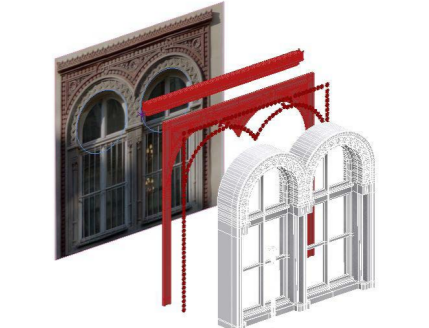


Abb. 4-33: Unterteilung des Modells in Materialien



Abb. 4-34: Abzugskörperschablone

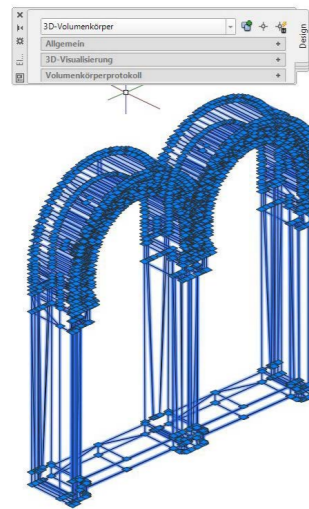


Abb. 4-35: Ein Teil des Fensters als „3D-Volumenkörper“ in Autocad Architecture



Abb. 4-36: In Archicad importiertes .ifc Modell

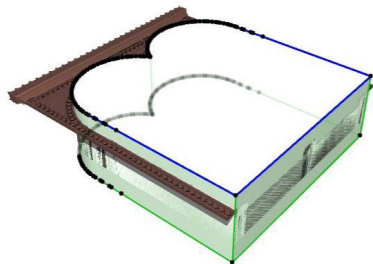


Abb. 4-37: .ifc Modell als „Morph“-Objekte mit Materialien belegt und durch den Abzugskörper ein Deckenelement (id=„wallhole“) erstellt

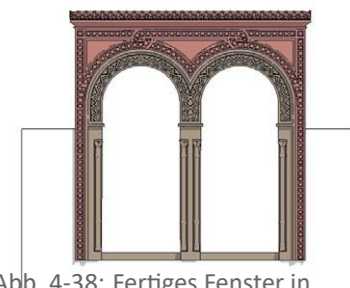


Abb. 4-38: Fertiges Fenster in Archicad

Arbeit in ArchiCAD aufgrund des Rechenaufwands zur Geduldprobe wird. Nichtsdestotrotz führte diese Technik durch die immense Ornamentierung des Tempels zu verhältnismäßig langen Ladezeiten und Eingabe-Verzögerungen. In dieser Hinsicht brachte das rigorose Umwandeln dieser Morph-Objekte in Bibliothekselemente, welche wiederverwendet werden können, zusätzliche Verbesserung. Durch die eingebettete Bibliothek ist die Datei aber weiterhin fast 1 GB groß und das neu Aufbauen einer Ansicht dauert sehr lange. Eine weitere Ausschmückung der Flächen der Synagoge mit Hilfe von Geometrie war dadurch nicht möglich. So fehlen dadurch die Malereien am Plafond als echte Geometrie. Es ist daher nötig, immer nur die, zum Arbeiten benötigten, Ebenen sichtbar zu lassen und die Ebenen mit Dekor, Ornamenten etc. nur für die fertigen Ansichten zu aktivieren.

Der Verfasser dieser Arbeit weist aber ausdrücklich darauf hin, dass das ArchiCAD-Projekt nur mit einem potenten PC bearbeitet werden sollte.

4.2 REKONSTRUKTION GENAUER BETRACHTET

Hier sollen einige Bereiche der Synagoge vorgestellt werden und auf die im Laufe der Rekonstruktion aufgetretenen Fragen eingegangen werden. Da hier die am meisten fortgeschrittene Rekonstruktion gezeigt werden soll, werden auch Bilder aus der Echtzeitvisualisierung (siehe Kapitel 5 auf Seite 61) vorweg gegriffen.

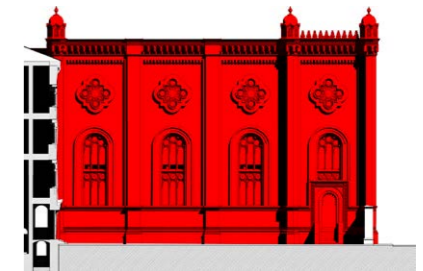
4.2.1 AUSSEN WESTFASSADE

Die Fassade war gut dokumentiert und wurde so möglichst detailgetreu rekonstruiert. Sogar der Originaltext der hebräischen Inschriften konnte herausgefunden werden.⁸³ Er lautete über dem Haupteingang „Mein Heiligtum sollt ihr ehrfürchten“ (et mikdashi tirau) und über den zwei kleineren Eingängen „Hier ist meine Stätte, die ich mir auserwählt habe für ewige Zeiten. (Psalm 132,14)“



4.2.2 AUSSEN HOFSEITIGE FASSADE

Das Aussehen ist relativ gesichert. Nur die genaue Ornamentik der seitlichen Eingänge konnte nicht mit 100%-iger Sicherheit rekonstruiert werden. Auch wurden im Laufe des Bestehens der Synagoge weitere Seiteneingänge hinzugefügt - bis auf ein Foto (Abb. 2-16) sind aber keine Hinweise mehr vorhanden.



4.2.3 AUSSEN DACH

Die Frage der Dachform beschäftigte bereits die Vorgängerarbeit. Hier wurde das Dach aber nach heutigem Wissen falsch dargestellt. Durch diverse Ansichten und auch die Präsentationspläne gilt die hier gewählte Dachform als gesichert - nur Kleinigkeiten könnten anders gewesen sein.

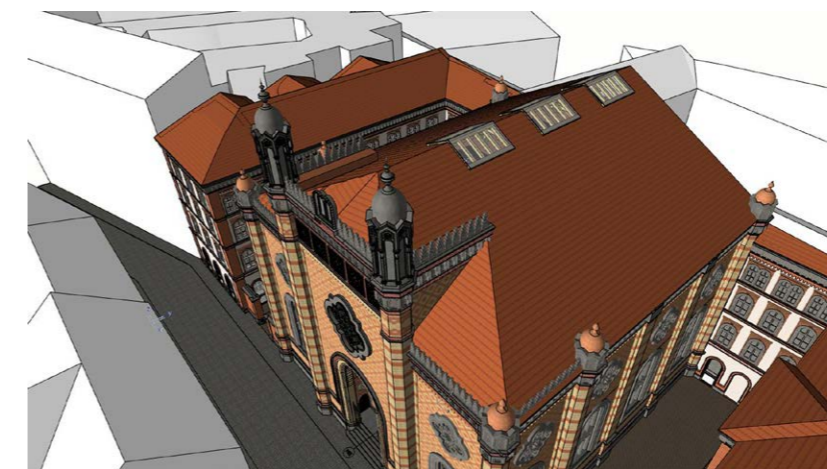
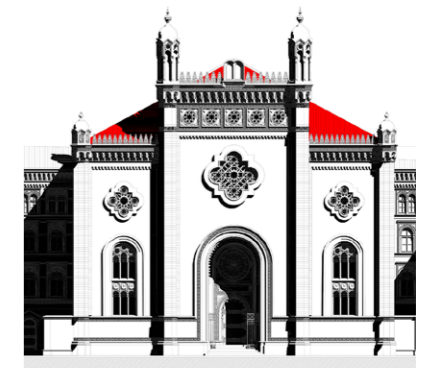


Abb. 4-39: Dach in ArchiCAD

4.2.4 AUSSEN SEITENTRAKTE FASSADE

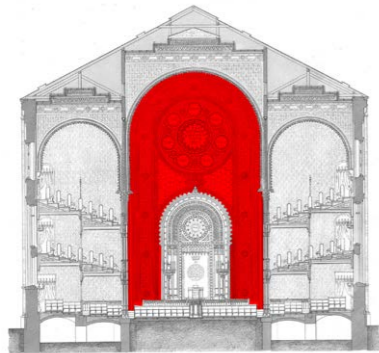
Da ein Nebengebäude noch heute existiert, kann die Erscheinung der Nebenbauten als gesichert gesehen werden. Nur die Farbabstufung der Terrakotta-Elemente bzw. der Ziegelflächen wurden durch diverse Übermalungen im Laufe der Jahre verfälscht.



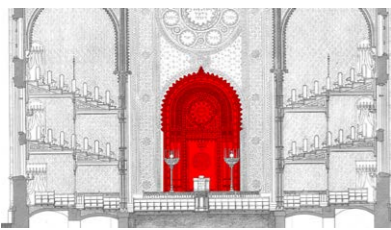
83 durch einen Artikel in „Die Presse“, vom 28.03.1958, S.3

Wie bereits berichtet diente ein photogrammetrisches Modell als Unterlage. (Abb. 4-17)

4.2.5 INNEN OSTWAND



Die Ostwandgestaltung ist durch einen Präsentationsplan, die vielen Bilder, die darauf gerichtet fotografiert bzw. gemalt wurden, gut dokumentiert. Eine weitere Hilfe war der nicht ausgeführte Plan der Ostwand der Budapester Synagoge (Abb. 3-14), welche beinahe identisch ausgeführt werden sollte. Die hebräische Inschrift innerhalb der Blind-Occuli konnte ebenso herausgefunden werden⁸⁴. In den Kleineren rundherum stand: „Gott, Herr, sei uns gnädig, segne uns und leuchte Dein Antlitz über uns. Sela“ (Psalm 67,2). In der großen Mittleren stand: „Dir ist gezeigt worden, auf dass du erkennst, dass der Ewige der einzige Gott ist, und außer ihm ist keiner.“ (Deut 4,35)



4.2.6 INNEN THORASCHREIN

Der Thoraschrein ist gut dokumentiert. Insbesondere die Kopie des Schreins im Choral-Tempel in Bukarest war sehr hilfreich.

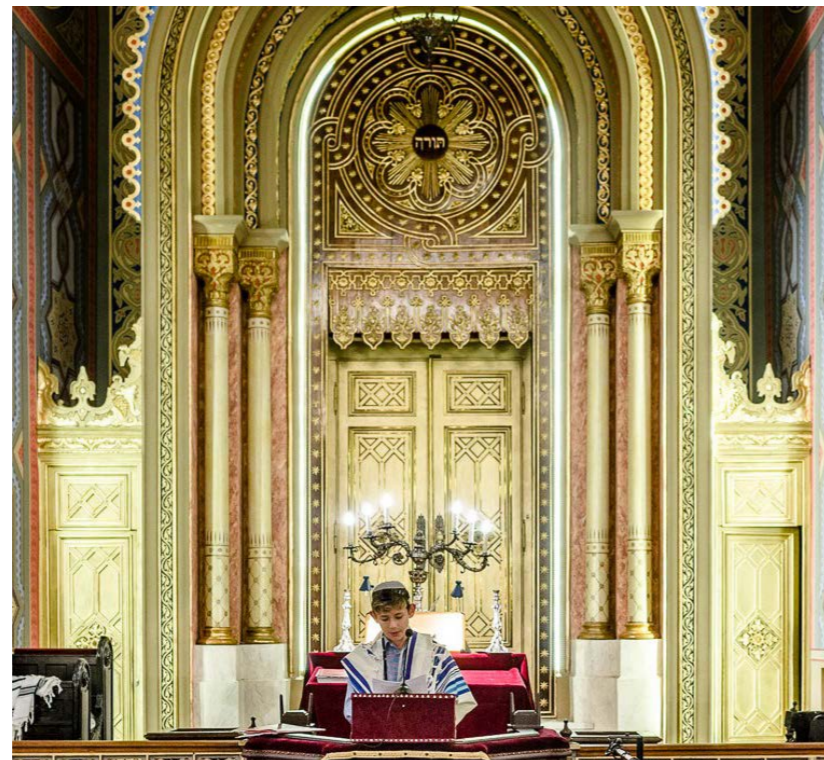


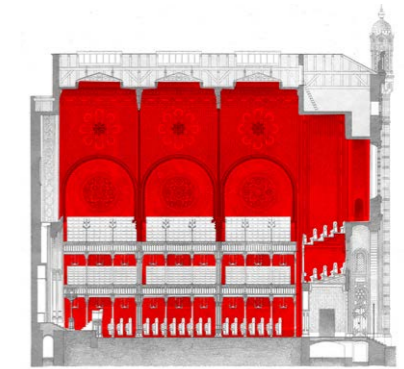
Abb. 4-40: Thoraschrein im Choral Tempel

⁸⁴ Die Presse, 28.03.1958, S.3

4.2.7 INNEN LÄNGSWÄNDE

Der Hauptraum ist gut dokumentiert. Da die Synagoge in dem Zustand um 1898 gezeigt werden sollte, ist jedoch etwas Unklarheit - vor allem in der Wanddekoration - vorhanden. So geht die Rekonstruktion davon aus, dass ein sich wiederholendes florales Muster den Großteil der Wände überzog, basierend auf Ranzenhofers Bild. (Abb. 2-38 bzw. Abb. 5-35 bis Abb. 5-38) Die genaue Ausbildung dieses Musters bleibt aber ein Rätsel.

Weitere Unklarheiten stellt die Deckenbemalung, die Bemalung der Eckfelder über den Bögen und die Bemalung der Schiff-trennenden Wände (Arkatur) dar. Es wurde aber versucht, möglichst auf Basis der verfügbaren Malereien und Pläne ein authentisches Bild zu erzeugen.



4.2.8 INNEN GALERIEN, SÄULEN UND BRÜSTUNG

Die Erscheinung einiger Kapitelle und des Brüstungsdekors wurde der Bucharester Synagoge (Choral-Tempel) entnommen.



Abb. 4-41: Kapitelle im Choral Tempel



Abb. 4-42: Brüstungsdekor im Choral Tempel

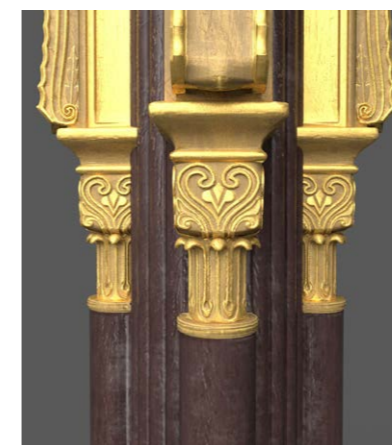


Abb. 4-43: Rekonstruierte Kapitelle



Abb. 4-44: Rekonstruierter Dekor



Abb. 4-45: Säule im Eingangsbereich des Choral Tempel

4.2.9 INNEN VORRAUM + SÄULEN

Es existieren keine Pläne, Aufnahmen oder Malereien des Vorraums. Für die Wandgestaltung und die Türen stand daher der Budapester Tempel Pate. Etwas Unklarheit muss hier aber eingeräumt werden, denn Förster war für die Ausgestaltung des Innenraums des Budapester Tempels aufgrund von Differenzen mit den Bauherren nicht mehr verantwortlich. Er distanzierte sich öffentlich auch von dieser Innenraumgestaltung.⁸⁵ Dennoch erscheint, aufgrund der damals geläufigen Innenraumgestaltung historisierender Bauten, eine ähnliche Gestaltung als wahrscheinlich.

Die Gestaltung der Säulen wiederum wurde dem Choral Tempel entnommen.



Abb. 4-46: Rekonstruierte Säule

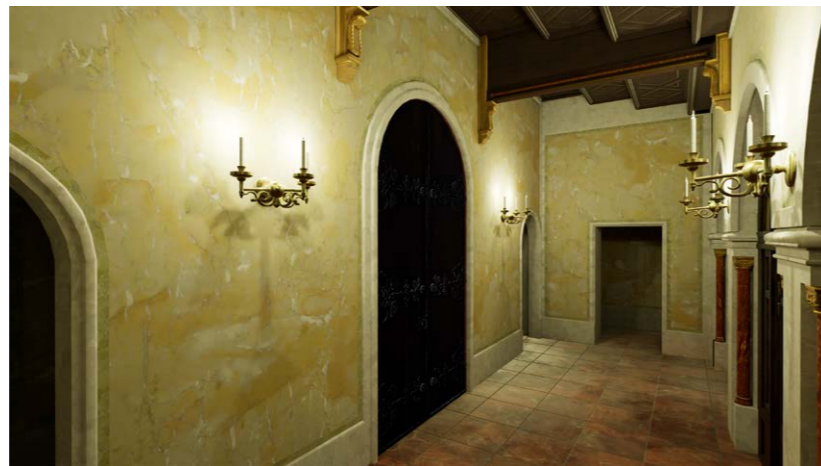


Abb. 4-47: Rekonstruierter Vorraum

4.2.10 ERSCHLISSUNGSZONEN / STIEGENHÄUSER

Von diesen Bereichen existiert überhaupt keine Dokumentation bzw. Beschreibung. Er ist daher ähnlich dem Vorraum gestaltet worden.



Abb. 4-48: Rekonstruierter Nebengang

85 Die Presse, 27.03.1858, S. 6

4.3 REKONSTRUIERTE PLÄNE

Die folgenden Pläne verdeutlichen ein Problem der Arbeitsweise. Da das Modell derart detailliert modelliert wurde, kann man in kleinen Maßstäben (z.B.: 1:200) nur mehr ein Gewirr an Linien erkennen - es fehlt hier die symbolische Darstellung. Daher sind für dieses Modell größere Maßstäbe ab 1:50 zu empfehlen, für Kleinere müssen in einem Vektorbearbeitungsprogramm nachträglich Linien entfernt bzw. Objekte simplifiziert werden.

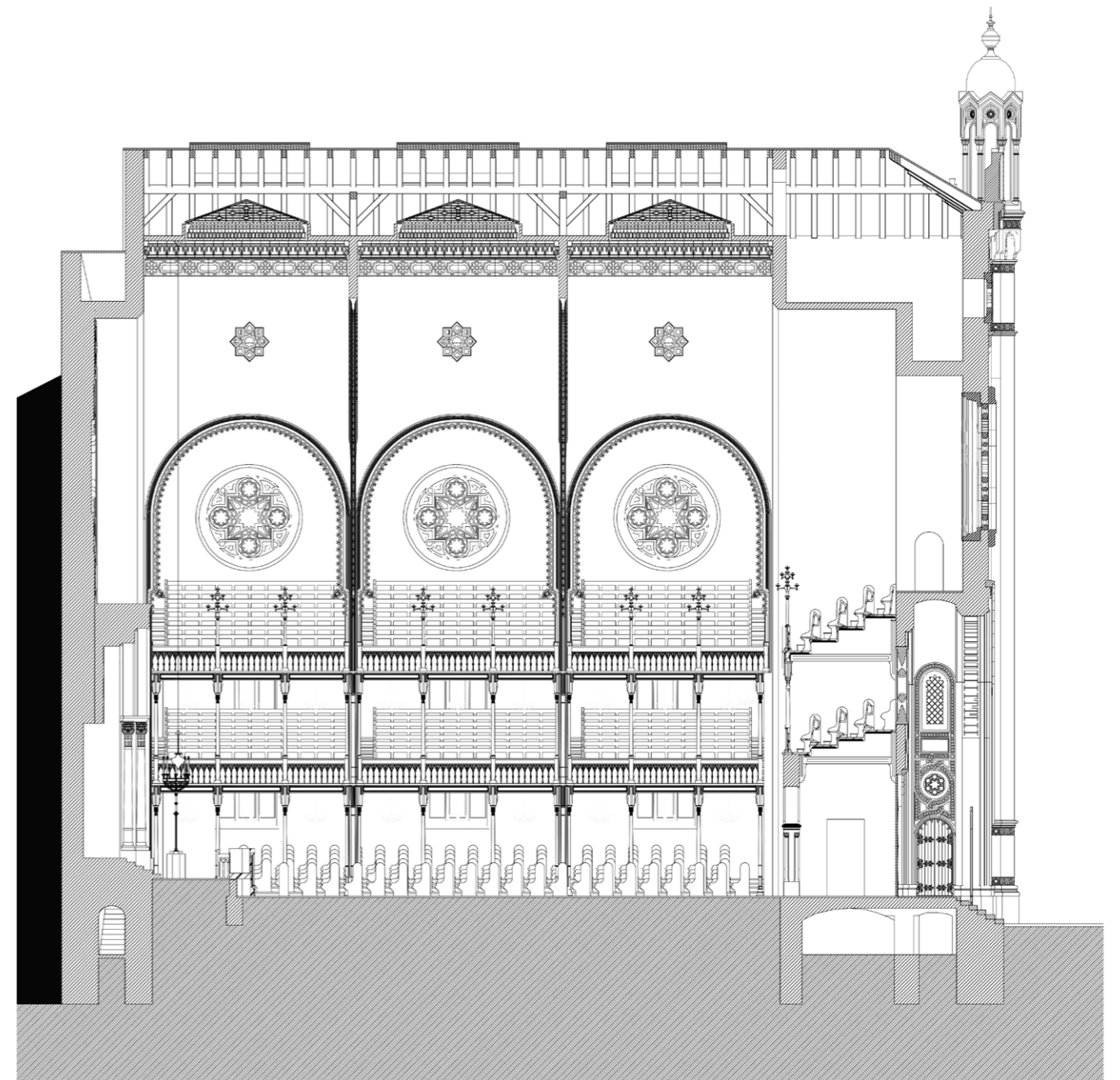


Abb. 4-49: Längsschnitt

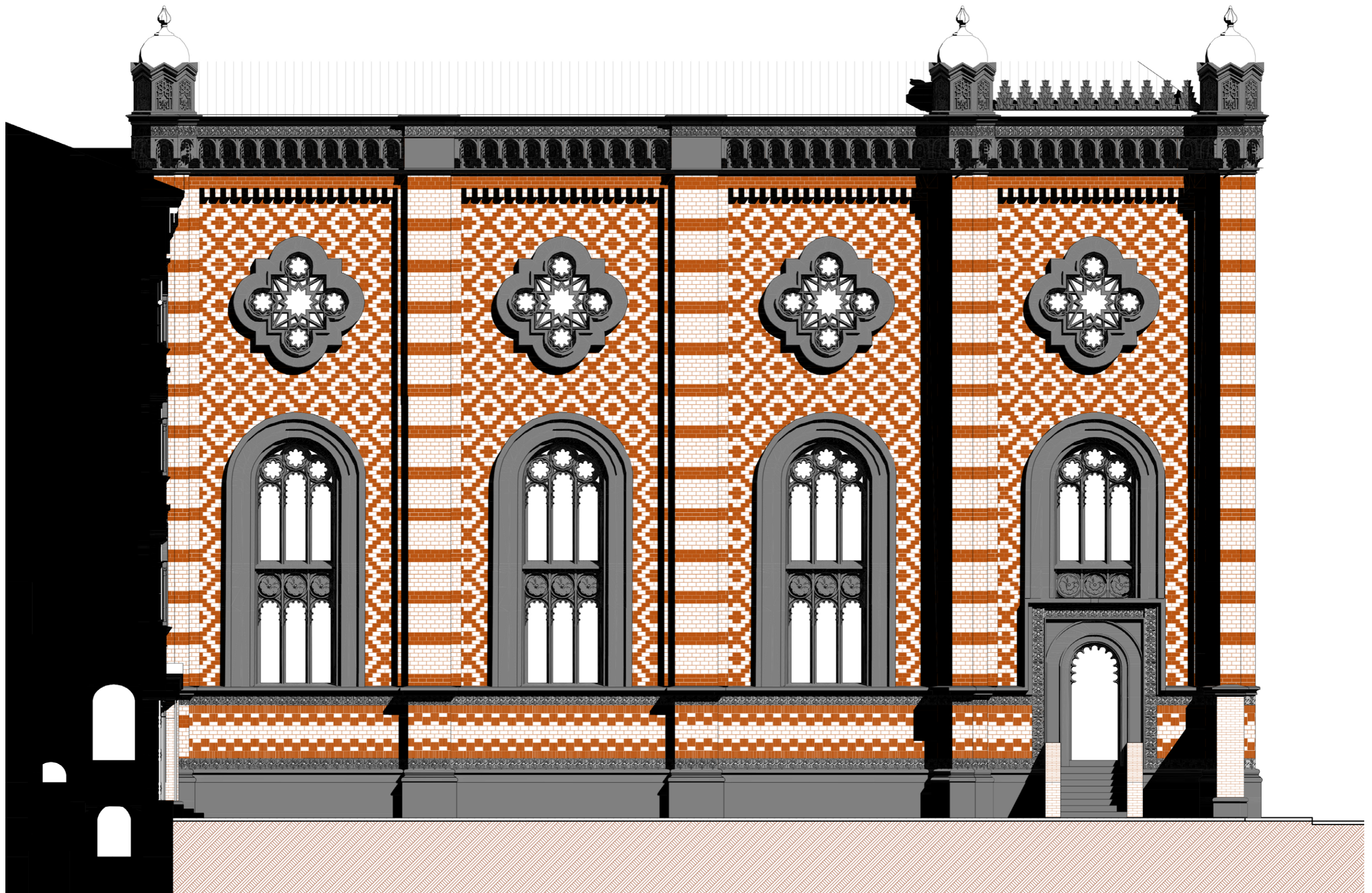


Abb. 4-50: Hoffassade

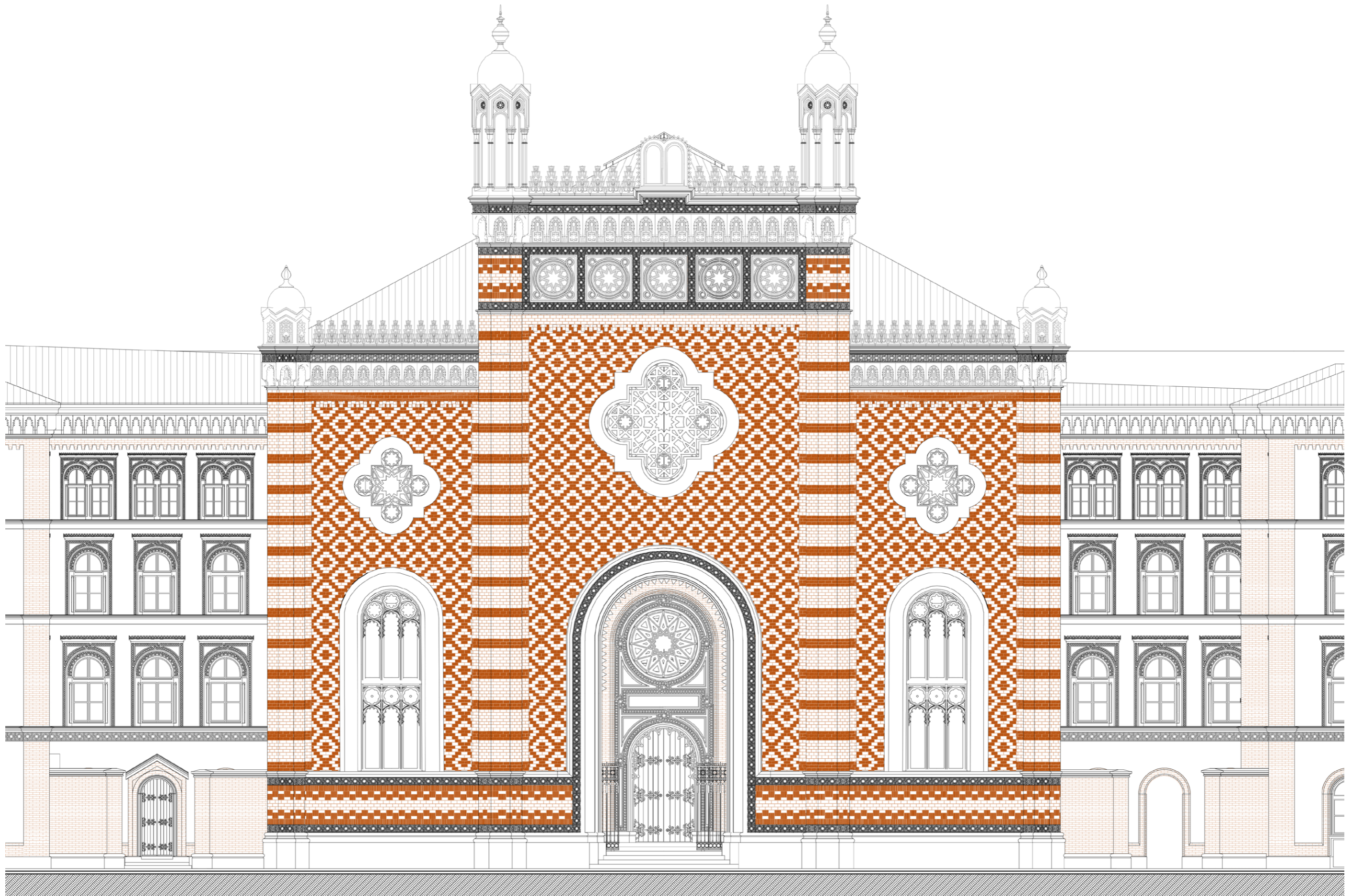


Abb. 4-51: Straßenfassade

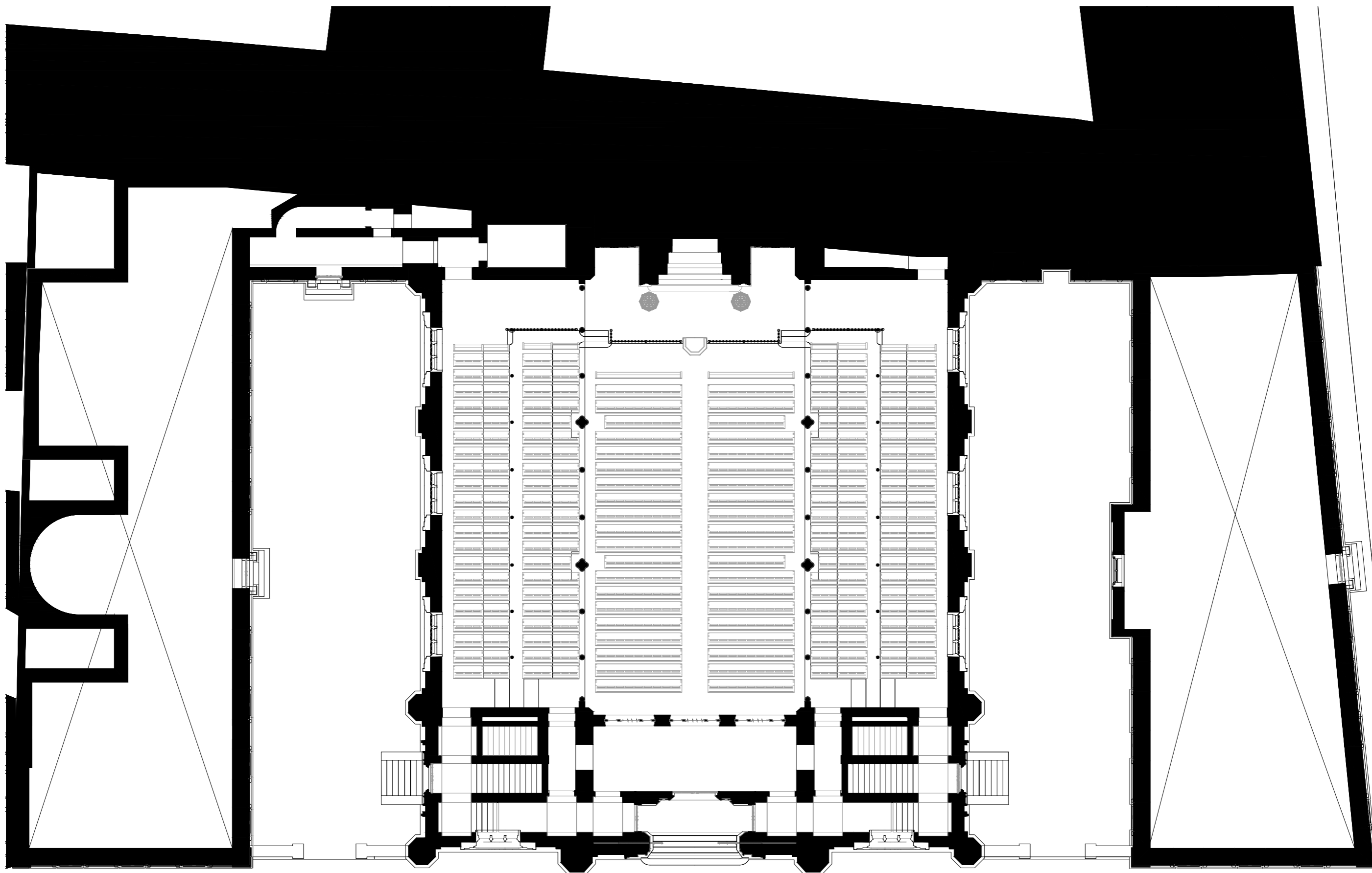
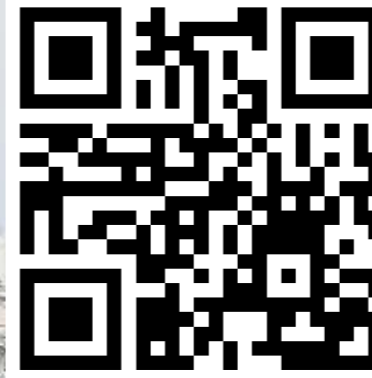


Abb. 4-52: Grundriss Erdgeschoss

Animation der Synagoge:
<https://youtu.be/P9yEkKzdbJ8>



5. DIE VISUELLE REKONSTRUKTION - ERSTELLUNG DES MODELLS IN UNREAL

*Das folgende Kapitel geht näher auf Erstellung des möglichst realistischen Modells in der Unreal Engine ein, jedoch nicht auf die Funktionsweise der programmierten Visualisierung - dies wird erst im nachfolgenden Kapitel 6 gezeigt. Gewisses Vorwissen über diese Grafikengine ist von Nöten, um die geschilderten Abläufe verstehen zu können. Um aber auch unerfahrenen Lesern das Lesen zu ermöglichen, wurde am Schluss dieser Arbeit der Exkurs „**Texturen und ihre Erstellung**“ sowie „**Einführung in die Unreal-Engine**“ angehängt. Zusammen mit diesem Exkurs sollte es möglich sein, die folgenden beiden Kapitel zu verstehen. Passende farbliche Querverweise im Text sollen außerdem helfen, die erklärende Stelle im Exkurs zu finden, z.B.: (C.8.4).*

In diesem Kapitel geht es darum, die Synagoge möglichst detailgetreu in der „Unreal-Engine“ (nachfolgend nur noch „UE“ abgekürzt) zu erstellen – es handelt sich aber nicht bloß um eine Visualisierung der vorangegangenen Rekonstruktion in ArchiCAD, sondern ist selbst genauso eine aktive Rekonstruktionsarbeit – nur eben auf einer rein visuellen Ebene - so werden z.B.: echte Oberflächen analysiert um authentische virtuelle Ebenbilder zu schaffen.

Erst durch diese Arbeit wird die Synagoge auch in ihrer Materialität vollständig greifbar.

In BIM werden spezifische Materialeigenschaften durch diverse textliche Attribute angezeigt bzw. in vereinfachter Form visuell dargestellt. In der Echtzeitvisualisierung soll man diese Attribute aber „sehen“ und „erleben“, bspw. eine vergoldete Säule soll eben nicht bloß das Attribut „Goldlack“ haben und gelb sein, sie soll sich beim Betrachten durch die richtige Farbe und Reflexionsgrad auch so verhalten, als wäre sie mit Goldlack bestrichen – wie in der Wirklichkeit also auch. Natürlich beschränkt sich diese Information aber nur auf das Äußerliche und Informationen über z.B.: das Gewicht oder Ähnliches geht verloren.⁸⁶ Daher wird hier explizit von einer „visuellen“ Rekon-

⁸⁶ Natürlich wäre es möglich, solche Attribute durch selber programmierte Funktionen auch in der UE anzeigen zu lassen.

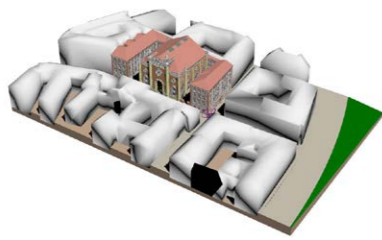


Abb. 5-2: Das Modell aus Archicad in 3ds Max

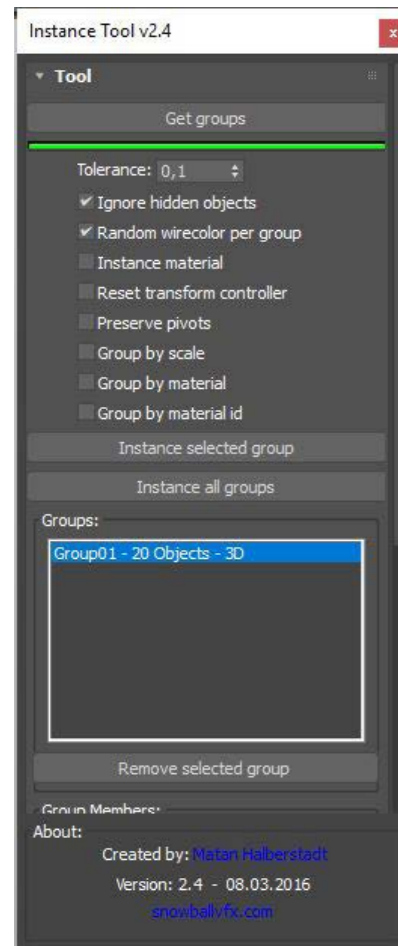


Abb. 5-3: Instance Tool

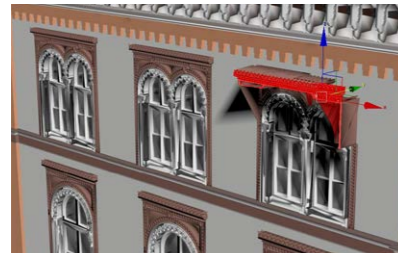


Abb. 5-4: Die drei Fenster sind keine Instanzen

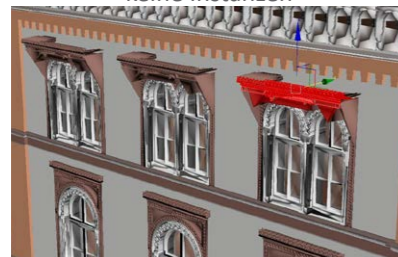


Abb. 5-5: Die drei Fenster sind Instanzen

struktions gesprochen, da die richtige Oberflächengestaltung einen weiteren wichtigen Teil der Rekonstruktionsaufgabe darstellt. Es ist eben (neben der haptischen) primär die sichtbare Welt, die uns ein Gebäude erst begreifen lässt. In Zukunft ist es hoffentlich möglich, diese beiden so unterschiedlichen Welten in einer einzigen Softwarelösung zu vereinen.

5.1 VORBEREITUNGEN

(siehe C.2)

Zuerst musste das bestehende Modell in die UE transferiert werden. Hierfür wurden alle Einzelmodelle, aus welchen das Modell besteht, (also z.B.: Außenwand1, Innenwand1, usw.) in einem einzigen „Level“ („Tempel“) (Level siehe C.1) platziert. Diese Modelle bedurften aber zuvor einer starken Überarbeitung. Viele der folgenden Arbeitsprozesse sind für eine einfache Architekturvisualisierung nicht notwendig. Da der Verfasser sich aber zum Ziel gesetzt hatte, eine umfangreiche, maßgeschneiderte Echtzeitvisualisierung zu erstellen, musste er sich an die sehr strengen Regeln halten, welche auch z.B.: für die Entwicklung von Videospielen gelten.

5.1.1 BEARBEITEN DES MODELLS AUS ARCHICAD

(siehe C.2.1)

Nach der grundlegenden Rekonstruktionsarbeit in ArchiCAD wurde das ganze Modell als .3ds Datei exportiert und zum Überarbeiten in „3ds-Max“ importiert. Danach wurden die bereits in Archicad als Morph importierten Modelle wieder durch ihre Ausgangsmodelle aus 3ds-Max ersetzt, da durch die Konvertierung in Morphs Netzinformation wie Kanten und Glättungsgruppen verloren gingen.

Leider verliert die Geometrie nach dem 3ds-Max-Import auch jegliche Eigenschaften (wie Bibliotheksinformationen), es handelt sich um „tote“ Geometrie. Dies bedeutet, dass jedes Fenster jetzt ein einzigartiges Fenster ist - eine Kopie also, keine Instanz. Möchte man aber z.B.: alle Fenster auf einmal austauschen, müssten alle Fenster dieses Typs separat bearbeitet oder einzeln ersetzt werden - das ist natürlich keine Lösung. Abhilfe schafft hier das Script „Instance Tool“ von Matan Halberstadt. (Abb. 5-3) Es vergleicht alle Geometrie miteinander und erkennt Gemeinsamkeiten. Sollten die miteinander verglichenen Objekte identisch sein, erstellt es automatisch Gruppen mit den jeweiligen Objekten, welche sich dann instanzieren lassen. (D.h.: die Objekte werden Instanzen von einander: Wenn ein Objekt davon bearbeitet wird, ändern sich

automatisch auch die anderen gleichen Typs, Abb. 5-4 bzw. Abb. 5-5.) Wenn sich ein Objekt nur in der Skalierung unterscheidet, aber im Polygonaufbau gleich ist, erkennt das Script dies sogar und verwandelt es trotzdem in eine Instanz, übernimmt aber die relative Skalierung, sodass es mit dem Ursprungsobjekt wieder übereinstimmt.

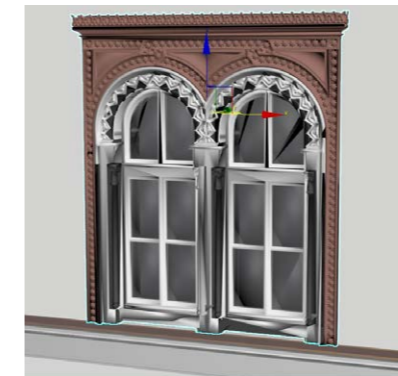


Abb. 5-6: Das Fenster aus dem Archicad-Modell (bereits instanziiert)

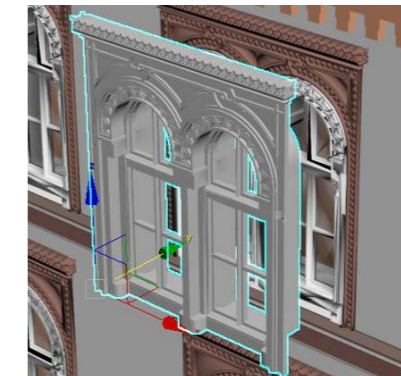


Abb. 5-7: Das ursprüngliche Modell aus 3ds Max wird hinzugeladen

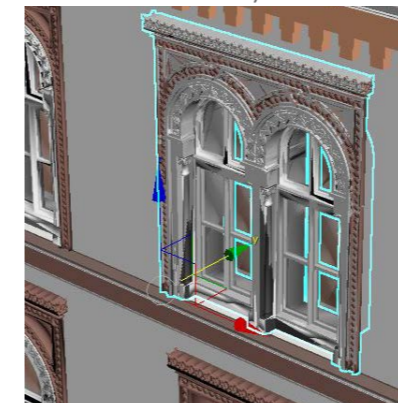


Abb. 5-8: Verschieben an die selbe Position

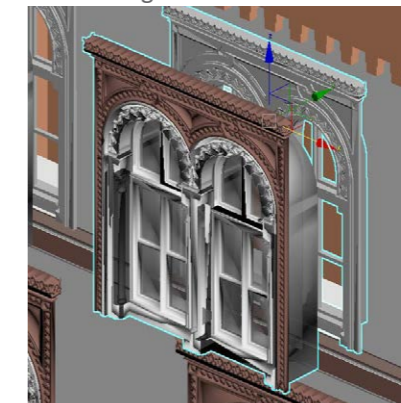


Abb. 5-9: Die beiden Modelle werden „vereinigt“ (Befehl „Attach“) und das alte Modell weggeschoben

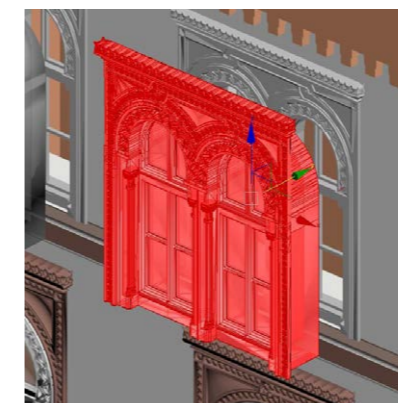


Abb. 5-10: Die Geometrie des Modells aus ArchiCAD wird gelöscht.



Abb. 5-11: Übrig bleibt das Modell aus 3ds-Max. Durch die vorangegangene Instanzierung wird es aber für alle Instanzen übernommen, sodass die Modelle nicht manuell platziert werden müssen.



Abb. 5-12: Die so automatisch platzierte Fensterreihe

Austausch der Modelle

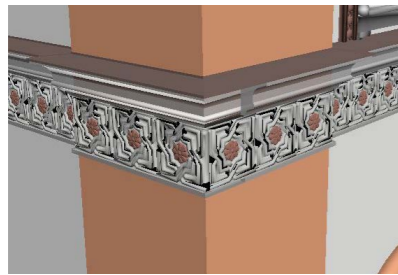


Abb. 5-13: Fliesen aus ArchiCAD

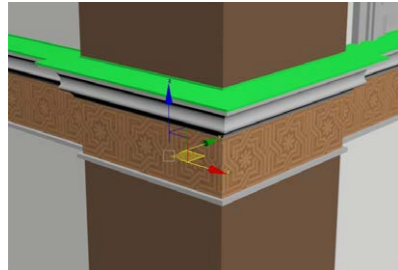


Abb. 5-14: Fliesen optimiert

Natürlich erkennt das Script dann auch einfache Quader (welche einfache Wände in einem BIM-Modell nun mal geometrisch meist darstellen) als Instanzen von einander, was natürlich zu weit gehen würde. Glücklicherweise lassen sich spezifische Gruppen auch wieder entfernen, sodass allein die komplexe Geometrie instanziiert wird. Danach musste nur mehr das instanziierte Modell mit dem Modell vor dem 3ds-Max Export ausgetauscht werden und alle Objekte werden ausgetauscht, ohne umständliche Neupatzierung. (Abb. 5-6 - Abb. 5-12) Kleine Objekte wie die Fliesen in den Geschossgesimsen werden für die Echtzeitvisualisierung komplett gelöscht und als Textur dargestellt, um Rechenleistung zu sparen. (siehe B.3.2)

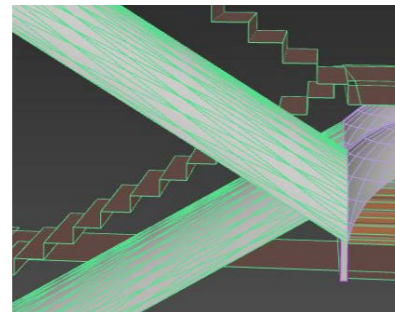


Abb. 5-15: Seltsame Topologie aus ArchiCAD

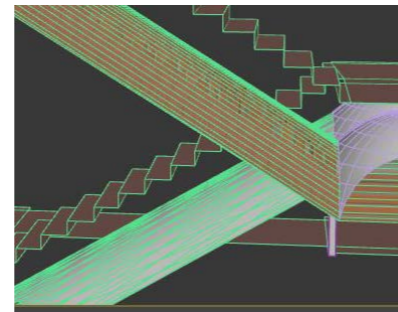


Abb. 5-16: Optimierte Geometrie

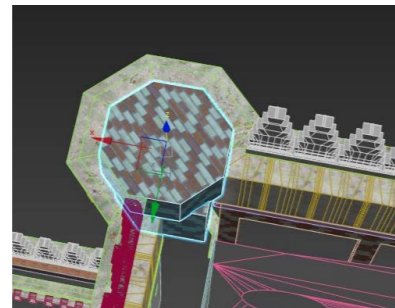


Abb. 5-17: Umschlossene Geometrie aus ArchiCAD

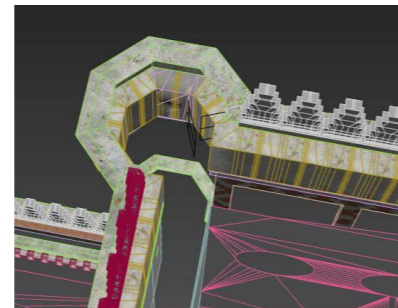


Abb. 5-18: Umschlossene Geometrie wird entfernt

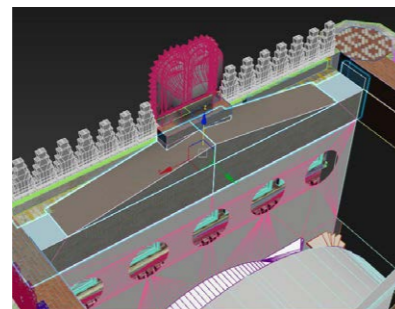


Abb. 5-19: Nicht sichtbare Geometrie aus ArchiCAD

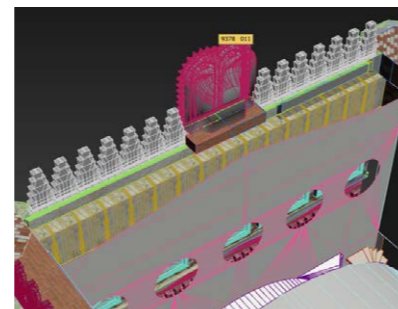


Abb. 5-20: Nicht sichtbare Geometrie wird entfernt

Auch die Grundobjekte aus ArchiCAD (einfache Objekte wie Wände, Dächer, Böden, usw.) mussten noch einmal stark überarbeitet werden und auf eine vernünftige Polygon-„Typologie“ hin untersucht werden. (Abb. 5-15-Abb. 5-20) Einzelne Eckpunkte müssen mit Kanten zueinander verbunden sein und unnötige Geometrie (wie zum Beispiel die Stoßflä-

chen von zwei Wänden) mussten entfernt werden, um ein möglichst flüssiges und fehlerfreies Erlebnis in der UE zu ermöglichen.

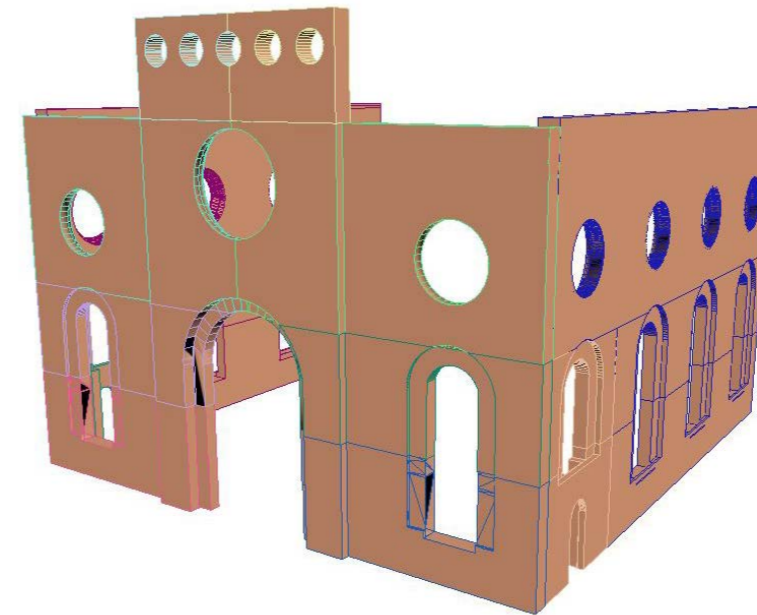


Abb. 5-21: Außenwände vor der Optimierung

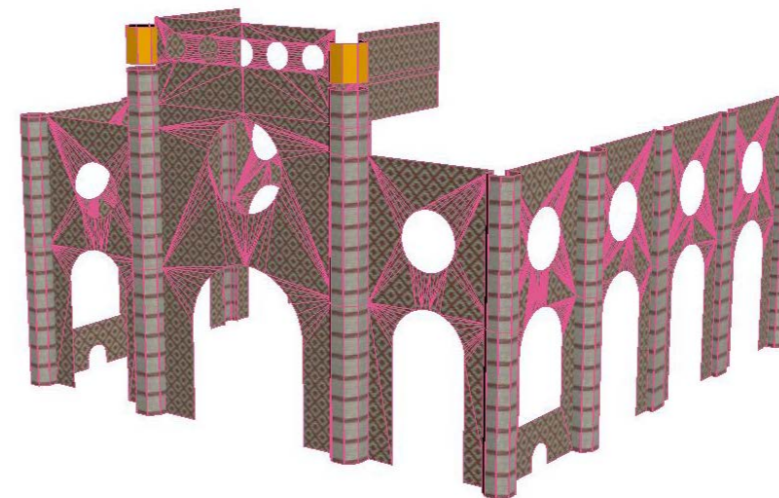


Abb. 5-22: Außenwände nach der Optimierung

Weiters wurden viele Objekte zu einem Objekt zusammengefasst, um Rechenleistung zu sparen und die Handhabung zu vereinfachen. So wurden z.B.: die Außenwände zu einem Objekt „Fassade“. Auch wurden Innenseiten und Außenseiten getrennt. (Abb. 5-21 bzw. Abb. 5-22)

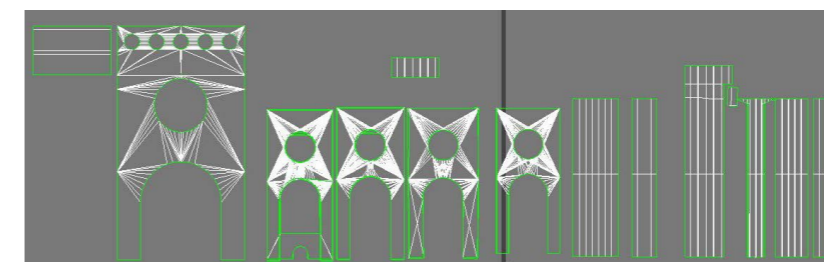


Abb. 5-23: UV-Koordinaten der Außenwände nach der Optimierung



Abb. 5-24: „Nähte“ der UVs des Fensters

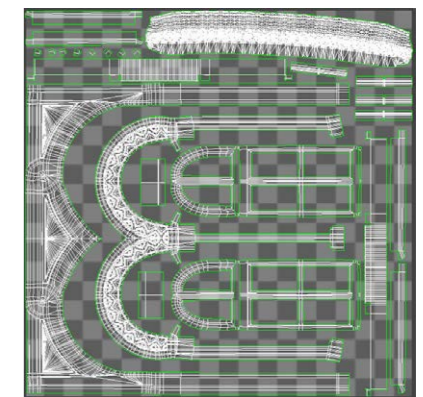


Abb. 5-25: UVs des Fensters



Abb. 5-26: Mehrere Säulen teilen sich einen UV-Raum

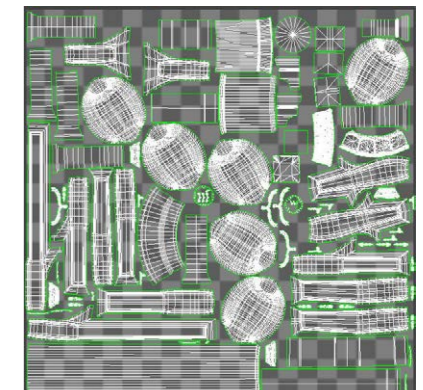


Abb. 5-27: UVs der Säulen

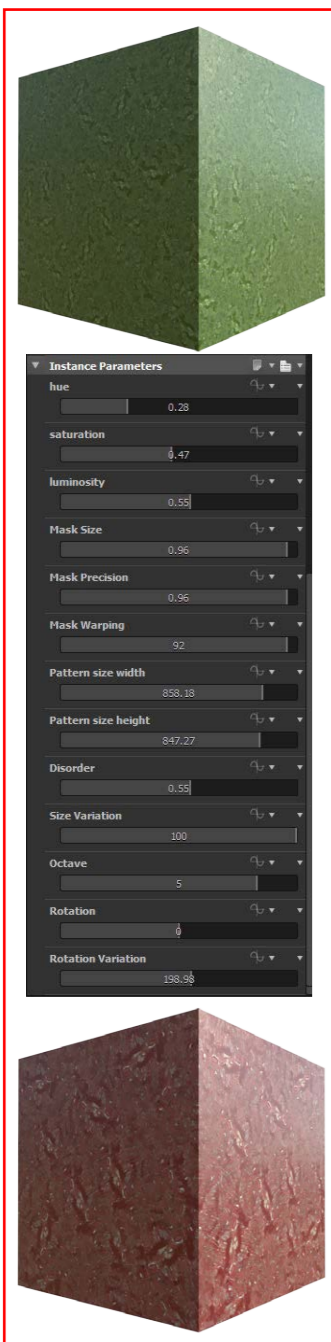


Abb. 5-28: Stucco Lustrato mit Parametern

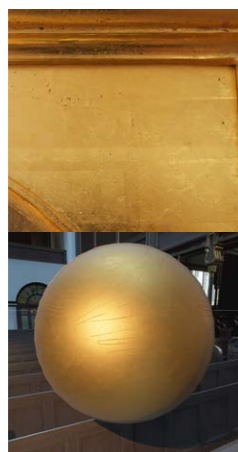


Abb. 5-29: Goldlack-Material

Natürlich mussten durch diese Veränderungen auch die UV-Koordinaten (siehe C.3) grundlegend neu erstellt werden. Meist handelt es sich um einfache planare Projektionen (z.B.: im Falle der Außenwand, Abb. 5-23), nur komplexere Objekte (Säulen, Fenster, Zackenbögen, Eingangsdetails, z.B.: Abb. 5-24 und Abb. 5-25) benötigten eine aufwändige „Abwicklung“. Die UV-Koordinaten mussten mit Bedacht angelegt werden, da die Oberflächenbeschaffenheit der Oberflächen ganz wesentlich davon abhängen. z.B.: mussten die UVs der eingelassenen sechseckigen Säulen so gewählt sein, dass die richtige Anzahl an Ziegelstreifen angezeigt wird. (Abb. 5-22 bzw. Abb. 5-23)

In Anbetracht einer Optimierung teilen sich auch einige Objekte den 0-1 UV Raum, um ein Material für mehrere Objekte erstellen zu können. (Abb. 5-26 bzw. Abb. 5-27)

5.1.2 TEXTUREN FÜR DAS PROJEKT

(siehe B)

Ein Großteil der Texturen wurde mithilfe prozeduraler Techniken auf Basis von Vergleichsbildern (Abb. 5-29) und eigenen Untersuchungen erstellt. Vor allem die nach und nach mit dem Programm „**Substance Designer**“ (B.3.3) erstellte Bibliothek verschiedener Grundmaterialien der Synagoge stellte sich als immense Arbeitserleichterung dar.

Auch zum Beispiel der „Stucco-Lustrato“ an den Innenwänden ist so ein Basismaterial. (Abb. 5-28) Durch die veränderbaren Parameter wie der Farbe war es möglich, schnell verschiedene Iterationen der Texturen herzustellen, um schrittweise (durch Trial & Error) die richtigen Farbnuancen herauszufinden, ohne jedes mal mühsame Arbeit in Photoshop verrichten zu müssen. Weiters wurden Wandverzierungen durch diese Substance-Bibliothek zum Kinderspiel, da nur eine ID-Map händisch erstellt werden musste, um die genaue Verteilung der Materialien zu definieren. Die genauen Arbeitsschritte waren wie folgt: Auf eine Unterlage wie z.B. Försters Einreichplänen wurden geometrische Formen als echte 3D-Objekte modelliert und dann für jede Materialänderung in Farben unterteilt (also z.B.: Gelb für Goldlack und Rot für roten Stucco Lustrato usw. – ähnlich wie es in dem Prozess von ArchiCAD zu Artlantis zum Vorteil ist, Geometrie in unterschiedliche Materialien zu separieren - mit dem Unterschied, dass diese Information hier in eine Textur gespeichert wird und nicht in die Geometrie!). (Abb. 5-30)

Danach wurde das Modell auf einem simplen Quadrat platziert - dem Zielmodell. Dieses Quadrat repräsentiert den zweidimensionalen UV-Raum von 0-1 perfekt: Die Länge a bzw. b spiegeln die U bzw. V Koordinaten wieder. (Abb. 5-31)

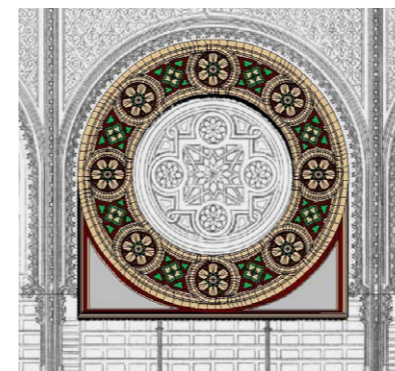


Abb. 5-30: Polygonale Modellierung auf Basis einer Unterlage

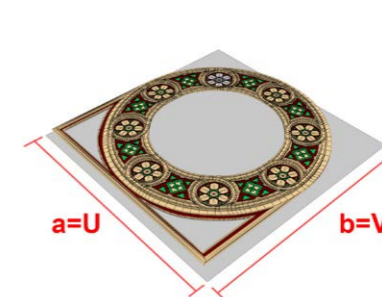


Abb. 5-31: Auf einem Quadrat platziert

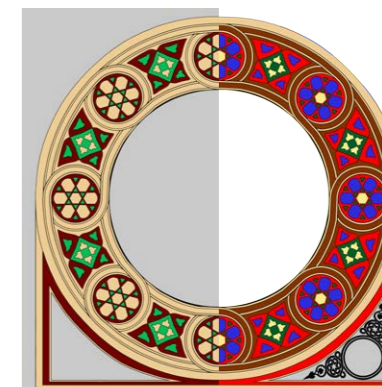


Abb. 5-32: Resultierende und angepasste ID-MAP

Die auszugebende Textur muss ebenso dieses 1:1 Verhältnis aufweisen – für Echtzeitengines ist dies aber sowieso gegeben, da die Texturen ein Vielfaches von Zwei sein müssen. (z.B.: 256x256 Pixel, 1024x1024 Pixel usw.)

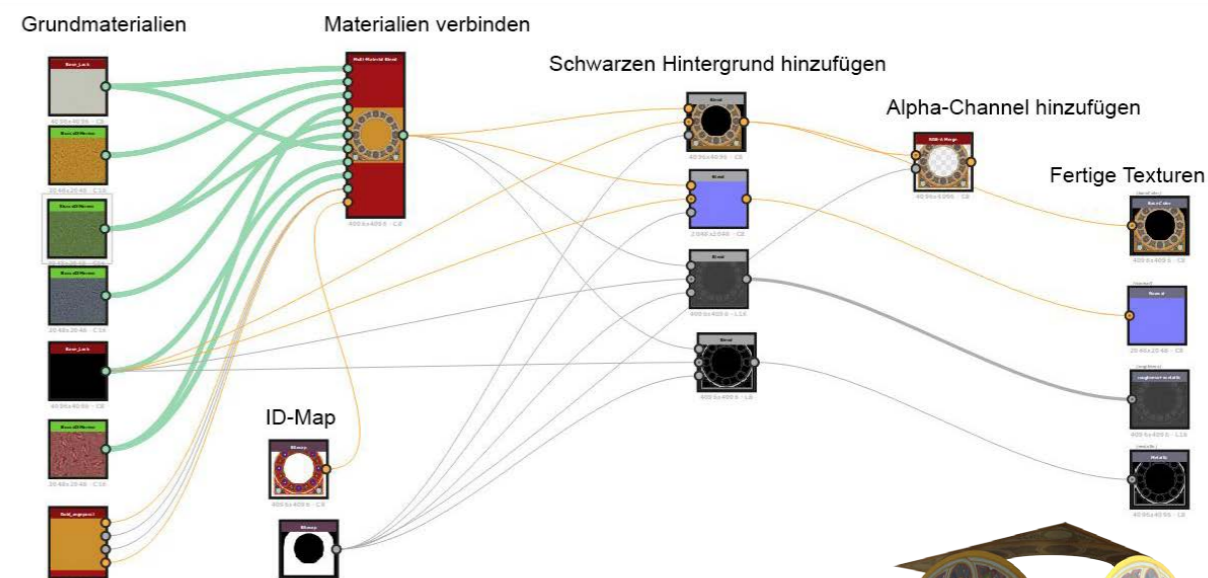


Abb. 5-33: Auf Basis der ID-Map werden verschiedene Grundmaterialien vereinigt. Anschließend werden die Informationen wie Höhen, Normale, verschiedene Materialien (dargestellt durch die zuvor vergebenen Farben) durch das „baken“ (B.3.2) in eine Textur übertragen. In diesem Fall wurde die resultierende ID-Map in Photoshop weiterbearbeitet, um die Flächen stärker zu separieren. (Abb. 5-32) Die ID-Map dient dann in Substance Designer



Abb. 5-34: Das fertige Material

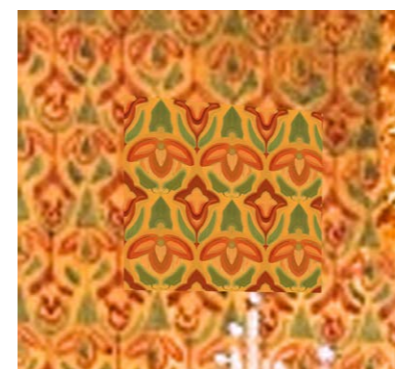


Abb. 5-35: Malerei Ranzenhofer



Abb. 5-36: „gemalte Textur“

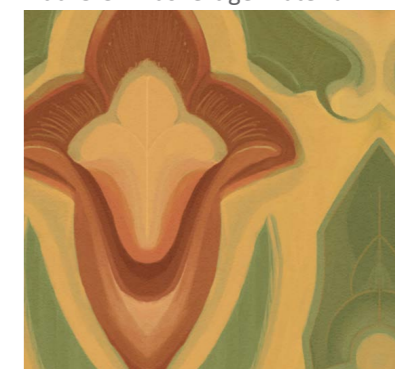


Abb. 5-37: Detail

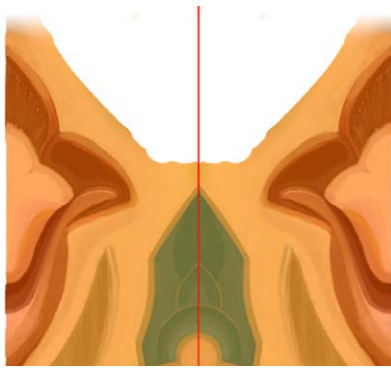


Abb. 5-38: Symmetrie beim Malen



Abb. 5-39: Fenster in IDs unterteilt

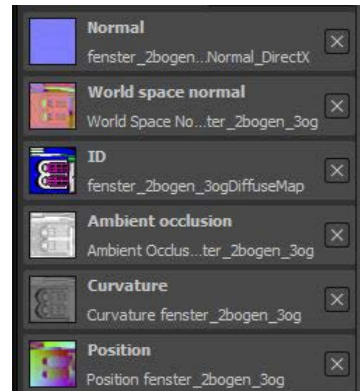


Abb. 5-42: Input-Texturen in Substance Painter

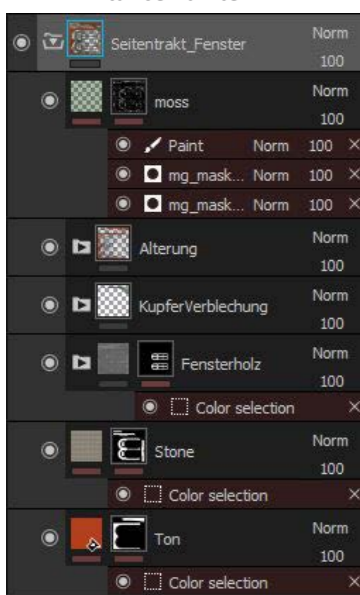


Abb. 5-43: Layerstruktur in Substance Painter

ner dazu, die Verteilung der Grundmaterialien festzulegen. (Abb. 5-33)

So wurde ein Großteil der Wandoberflächen, Wandbemalungen, Bodenbeläge etc. erstellt. Die Innenbemalung nach der Renovierung durch Wilhelm Stiassny musste dennoch händisch „gemalt“ werden. Höchstwahrscheinlich eine Schablonenmalerei war sie nur in Ranzenhofers Bild halbwegs ersichtlich. (Abb. 5-35) Vergleichbare Ornamente konnten nicht gefunden werden, daher wurde auf Basis Ranzenhofers Bild mit Hilfe eines digitalen Zeichenbretts (Wacum Intuos 4 L) die Textur „händisch“ gemalt. (B.3.4) Hilfreich bei solchen Ornamenten (oder Mandalas) ist das Anwenden von Symmetriefunktionen, welche jedoch einen leistungsstarken PC verlangen. (Abb. 5-38)

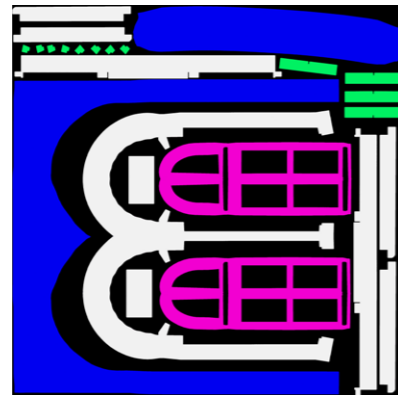


Abb. 5-40: ID-Map des Fensters

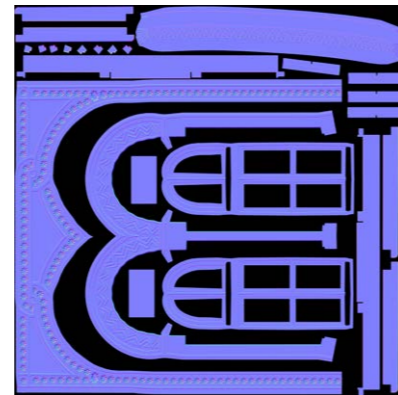


Abb. 5-41: Normal-Map des Fensters

„Substance Painter“ (B.3.3) wiederum wurde für alle (Einzel-)Objekte verwendet, um ihnen einzigartige Texturen zu geben. Auch hier wurde auf die zuvor generierte „Substance“-Bibliothek zurückgegriffen.

Als Beispiel das abgebildete Fenster (Abb. 5-39 bzw. Abb. 5-44):

Eine ID (Abb. 5-40) und Normalmap (Abb. 5-41) wurde mithilfe von Baking erstellt. Zusammen mit dem Modell des Fensters wurden diese Texturen importiert und in ihren jeweiligen Input-Slots zugewiesen. (Abb. 5-42) Die übriggebliebenen Slots werden durch den Befehl „Bake-Textures“ direkt in Substance Painter belegt.

Die in „Substance Designer“ erstellten Materialien wie Terrakotta oder Kalkstein wurden importiert. Diese Materialien wurden als Layer hinzugefügt und auf Basis einer ID-Map Masken für ihre Platzierung erstellt („Color Selection“) und so nach und nach alle Leerstel-



Abb. 5-44: Fertiges Fenster

len gefüllt. (Abb. 5-43) Danach folgen diverse Layer, welche Details wie Staub, Schäden etc. hinzufügen.

Der große Vorteil war nun, dass diese gesamte Layerstruktur als sogenanntes „Smart-Material“ (in diesem Fall der übergeordnete Ordner „Seitentrakt_Fenster“, Abb. 5-43) abgespeichert werden konnte und es so für die restlichen Fenster wiederverwendet bzw. die Texturerstellung etwas automatisiert werden konnte.

5.2 EXPORT AUS 3DS MAX / IMPORT UND PLATZIERUNG IN DER UNREAL ENGINE

(C.4)

Der Export aus 3ds-Max erfolgte größtenteils einzeln, da das Modell sehr modular aufgebaut ist. Ein gleichzeitiger Export aller Elemente war nicht möglich, denn dadurch wurde verhindert, dass ein und das selbe Objekt (z.B.: eine Säule) mehrmals exportiert wird. (Epic hat dies aber bereits mit seinem „Datasmith“-Plugin bzw. Unreal-Studio ermöglicht, welches Instanzen automatisch erkennt, dazu mehr im Kapitel 5.7)

Der Export erfolgte in der Regel mit dem sogenannten „TS-Tools“ von Michael Shannon. (Abb. 5-45) Dieses Tool

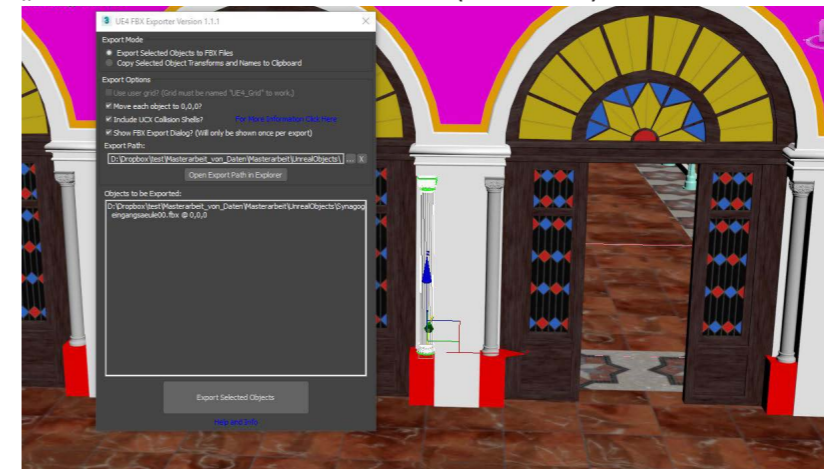


Abb. 5-45: Export einer Säule

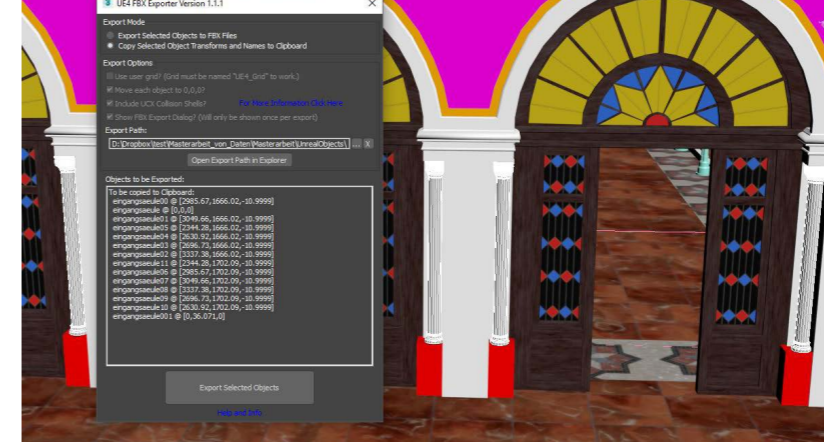


Abb. 5-46: Die Transformationsinformationen aller Säulen werden separat exportiert



Abb. 5-47: Objekt nach dem Import im Contentbrowser



Abb. 5-48: Copy-Paste der Transformationsdaten

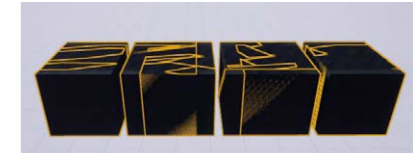


Abb. 5-49: Würfel werden an der jeweiligen Lokalisation erstellt

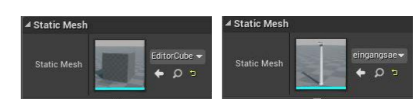


Abb. 5-50: Würfel werden mit dem importierten Modell ausgetauscht

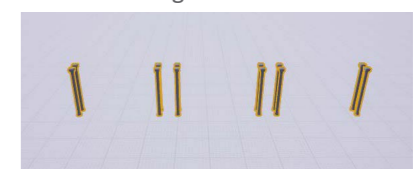


Abb. 5-51: Die richtig platzierten Säulen



Abb. 5-52: Material nach dem Import im Contentbrowser

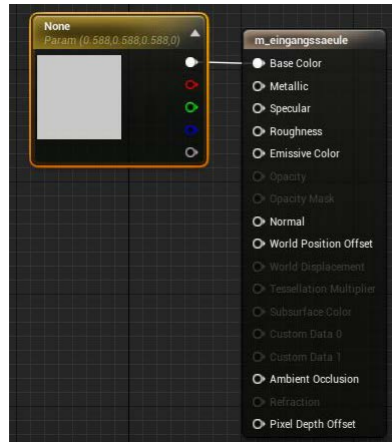


Abb. 5-53: Basismaterial

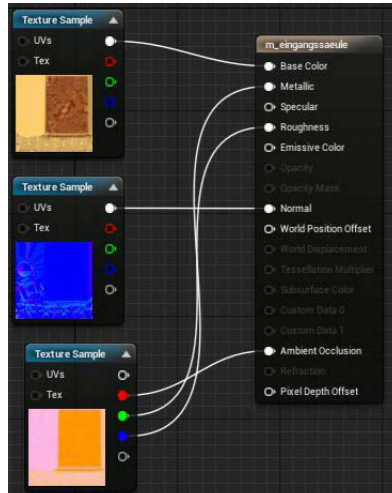


Abb. 5-54: Die ebenso importierten Texturen werden den richtigen Slots zugewie-



Abb. 5-55: Fertige Säule

nimmt sich dem Problem des in Unreal automatisch auf die Koordinaten 0,0,0 verschobenen Pivots an, denn es verschiebt die ausgewählten Objekte – falls gewünscht – vor dem Exportieren automatisch zum Nullpunkt und danach wieder zurück, wodurch der Pivot an der selben Stelle liegt wie vor dem Import. Auch hilft das Tool immens bei modularen Bauteilen. Denn es können auch nur die Transformationsdaten per „Copy To Clipboard“ exportiert (Abb. 5-46) und in Unreal durch „Edit“ → „Paste“ (Abb. 5-48) importiert werden. In Unreal werden dann stellvertretend Quader an den jeweiligen Stellen platziert (Abb. 5-49), welche nur mit dem exportierten und in Unreal importierten Modell ausgetauscht werden müssen. (Abb. 5-50) Außer bei Objekten mit dem Pivot beim Nullpunkt, wo eine manuelle Platzierung durch Eingabe der Koordinaten 0,0,0 erfolgte um sie an die richtige Position zu verschieben, wurde diese Technik für den kompletten Aufbau des Modells in Unreal genutzt.

5.3 MATERIALIEN

(C.6)

Beim Import werden auch automatisch Materialien angelegt, welche dann manuell angepasst werden müssen. Viele Objekte haben sehr simple Materialien, da die Texturen mit externen Programmen extra für das Objekt erstellt wurden (einzigartige Texturen), sodass keine komplizierten Materialien nötig waren. Hier mussten nur die entsprechenden Texturen in den „Content-Browser“ importiert, die richtige Komprimierung eingestellt und mit den richtigen Slots im Materialeditor verbunden werden. (Exkurs C.4 bzw. C.6)

Es gibt aber sehr wohl diverse Materialien, welche komplexere Graphen aufweisen, vor allem um etwas Variation in kachelbare Materialien zu bringen oder um „Shadertricks“ anzuwenden. Ein Beispiel: Die echte Welt überzeugt durch Abwechslung, z.B.: keine Wand gleicht der anderen zu 100%. Um diese Tatsache auch über eine große Fläche simulieren zu können, wurden weitere Texturen mit unterschiedlichen Wiederholungen genutzt und mit der ursprünglichen Textur verblendet. (Abb. 5-57)

Um diese weiteren Texturen aber nur an definierten Stellen zu zeigen, werden die „Vertex-Colors“ (Abb. 5-59) (Exkurs C.6.1) genutzt.

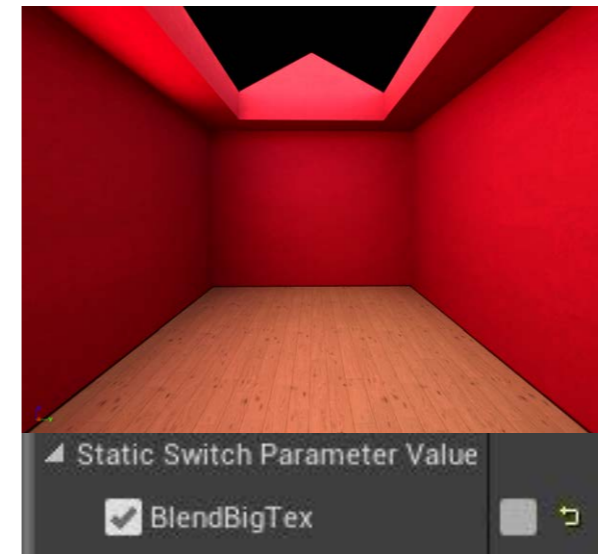


Abb. 5-56: Museumswand ohne Variationstextur

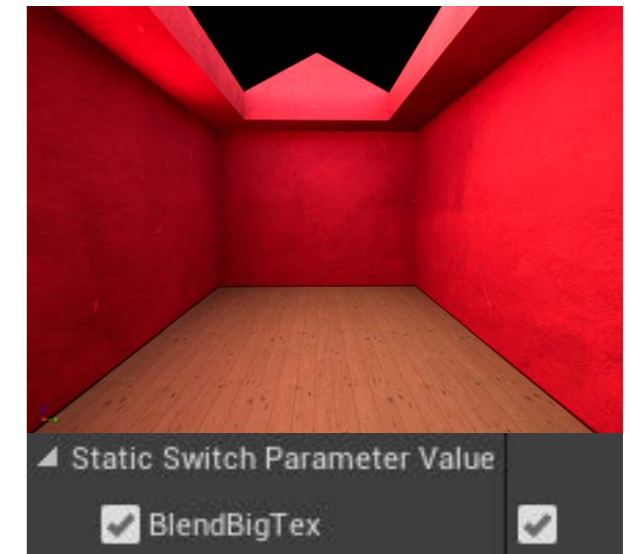


Abb. 5-57: Museumswand mit Variationstextur



Abb. 5-58: „saubere“ Wand



Abb. 5-59: „leicht verschmutzte“ Wand, Platzierungsinformationen mittels Vertex-Colors

Auf der nächsten Seite wird so ein Materialgraph (Material: m_Seitentrakt, Abb. 5-60) in Gänze gezeigt. Die Abbildungen Abb. 5-58 und Abb. 5-59 zeigen beide eine Instanz dieses Materials (aber mit unterschiedlichen Parameter-Werten), aber nur in Abb. 5-59 wurde durch die Vertex-Colors einige Bereiche definiert.

Diverse Parameter erlauben das Anpassen des Materials (1), sodass es für viele verschiedene Situationen angewendet werden kann. Zu sehen sind auch die unterschiedlichen Texturkoordinaten für die Texturen. (2) (Variations-Texturen werden i.d.R. weniger oft „gekachelt“ - d.h.: mit einem kleineren Parameter multipliziert) Auch werden quasi zwei Materialien (3) (Putz und Moos) in einem einzigen Graph erstellt, um sie dann auf Basis einer Maske (4) miteinander zu verblenden. (5)

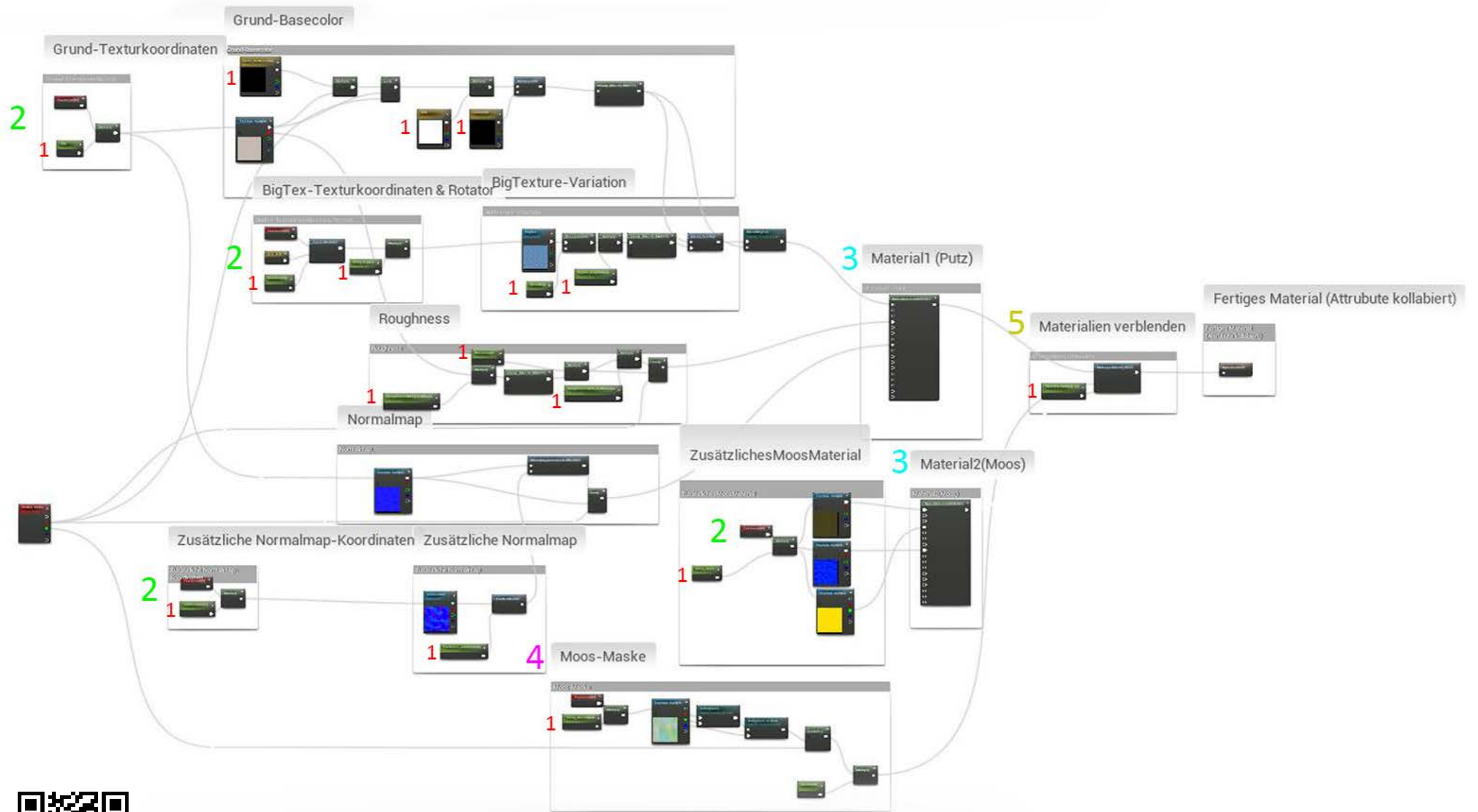


Abb. 5-60: Material: m_seitentrakt, vollständiger Graph über QR-Code

Das Material in Abb. 5-61 gehört zu den Komplexesten im Projekt. Eine Instanz davon ist z.B.: der Pflasterstein in der

Tempelgasse. In diesem Fall wird der Pflasterstein mit einer Schlammtextur (einem zweiten „Texturset“) verblendet. Das Besondere an diesem Material ist das „Parallax Occlusion Mapping

Mapping“: Dies bewirkt eine räumliche Tiefenwirkung des Materials auf Basis einer Heightmap. Die zwei Texturensets können nicht einfach verblendet werden, da es sonst den

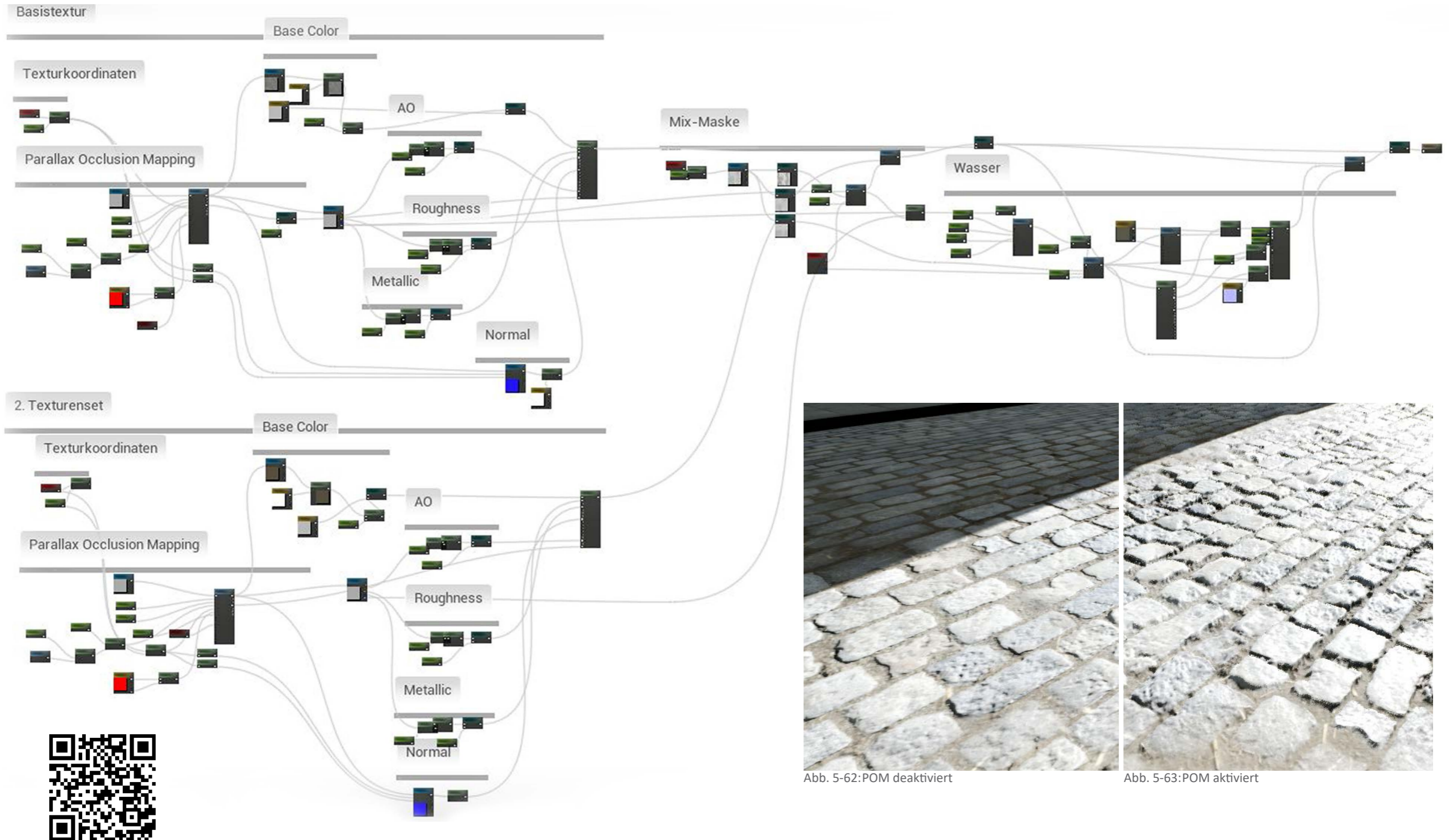


Abb. 5-62:POM deaktiviert



Abb. 5-63:POM aktiviert

Abb. 5-61: M_Pom_blend, , vollständiger Graph über QR-Code

Anschein hätte, als ob der Schlamm schweben würde. Daher benötigen beide Sets eine eigene „POM“ Funktion (da sich die Heightmaps unterscheiden) für ihren Texturkoordinaten-Input. Schließlich werden diese mithilfe einer selbsterstellten Materialfunktion „mf_BlendAlpha_Vertex“ verblendet.

5.4 BELEUCHUNG, REFLEXIONEN UND POSTPROCESSING

(C.7)

Das Lichtsetup ist sehr simpel. Das Ziel des Verfassers war es, einen sonnigen Samstagmorgen um 10 Uhr nach einem Regenguss darzustellen.

Ein „Directional-Light“ dient als Sonne. Es wurde so platziert, dass es 10 Uhr morgens entspricht - hierfür wurde ein „Dummy“ aus 3ds-Max exportiert und dessen Ausrichtung auf das Directional Light übertragen. Ein „Skylight“ sorgt für genügend Ausleuchtung des Außenraums. Hierfür wird kein HDRI-Bild benutzt, sondern die durch die „Reflection Probes“ erstellte Environmentmap, für kleinere Szenen ist eine Ausleuchtung per HDRI aber eher zu empfehlen. Nur im Innenraum wurden unzählige „Pointlights“ platziert, um die Beleuchtung zu simulieren.

Um eine ansprechende Lichtstimmung nach einem Regen zu simulieren wurde ein relativ dichter Nebel platziert („Environmental Fog“), welcher seit der UE Version 4.18 volumetrische Lichtstrahlen ermöglicht. (Abb. 5-64)

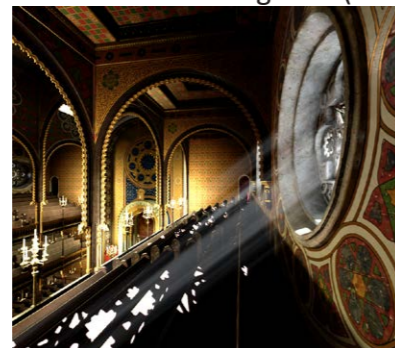


Abb. 5-64: Volumetrisches Licht an

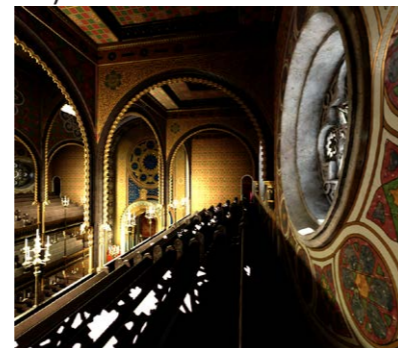


Abb. 5-65: Volumetrisches Licht aus

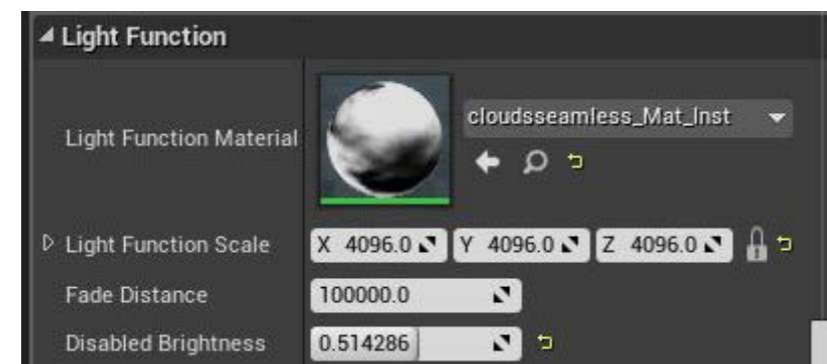


Abb. 5-66: Light Function des Directional Lights (Wolken)

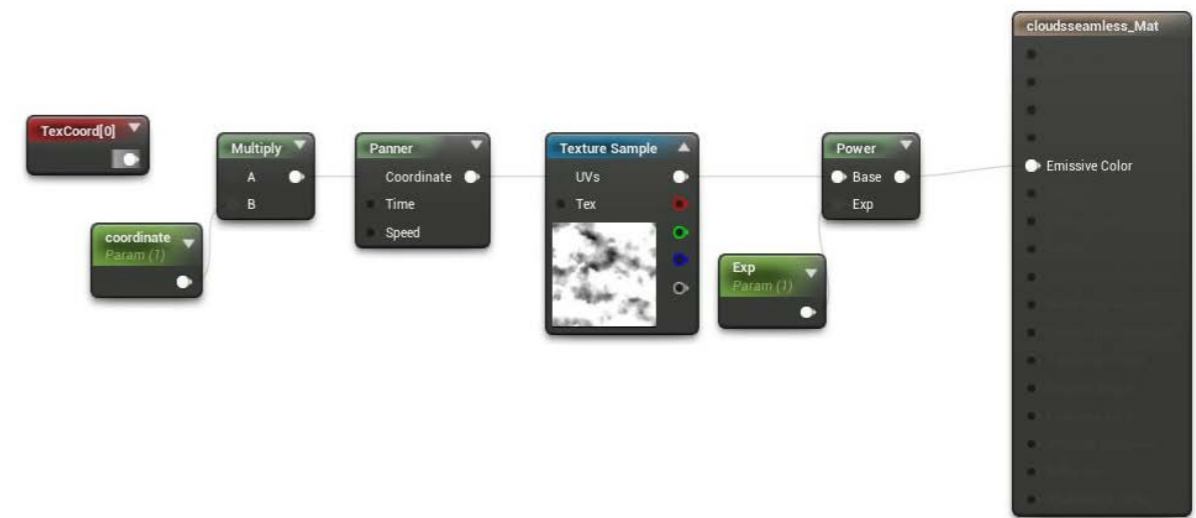


Abb. 5-67: Wolken-Material



Abb. 5-68: Wolken 1



Abb. 5-69: Wolken 2

Alle Lichter sind undynamisch („Static“), mit Ausnahme des Directional Lights, welches als Stationary-Light deklariert ist da es eine „Light-Funktion“ nutzt, um bewegende Wolken zu simulieren. (Abb. 5-66 bis Abb. 5-69) Auch die Darstellung des volumetrischen Lichtes ist durch die Nutzung dieser Lichtart um einiges akkurater.

Die Objekte haben einer Architektur-Visualisierung entsprechend eine relativ hohe „Lightmap-Auflösung“, jedoch konnte

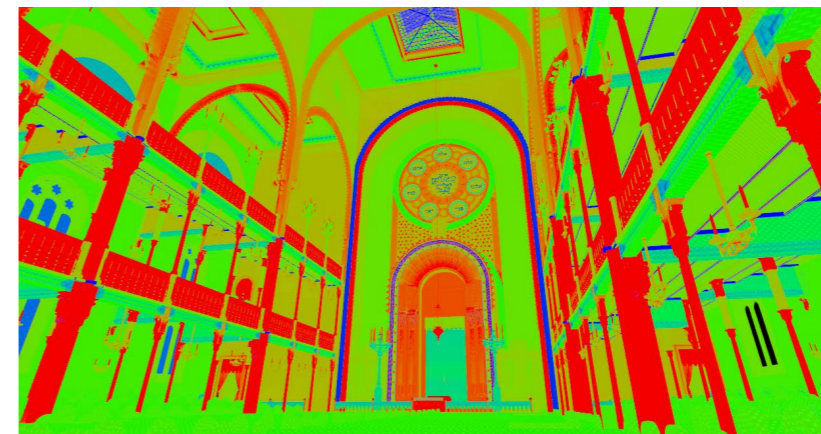


Abb. 5-70: Lightmap-Density-Viewmode

durch die vielen Elemente und den Optimierungszwang nicht ganz die Auflösung erreicht werden, die als ideal angesehen wird. (Abb. 5-70, möglichst viel sollte rot sein, grün eher für die Spieleentwicklung gedacht)

Vor Allem große und gut sichtbare Objekte wie die Außenwand der Synagoge haben aber eine besonders hohe Auflösung. (z.B.: 2048x2048 Pixel) Die Beleuchtungsberechnung in „Lightmass“ dauerte auf dem System des Verfassers mit der Qualitätsstufe „Production“ ca. 40 Stunden, jedoch wurde die Möglichkeit zum Vernetzen mehrerer Computersysteme nicht genutzt.

Um relativ genaue Reflexionen darzustellen, wurde eine Menge „Reflection-Captures“ erstellt. (Abb. 5-71)

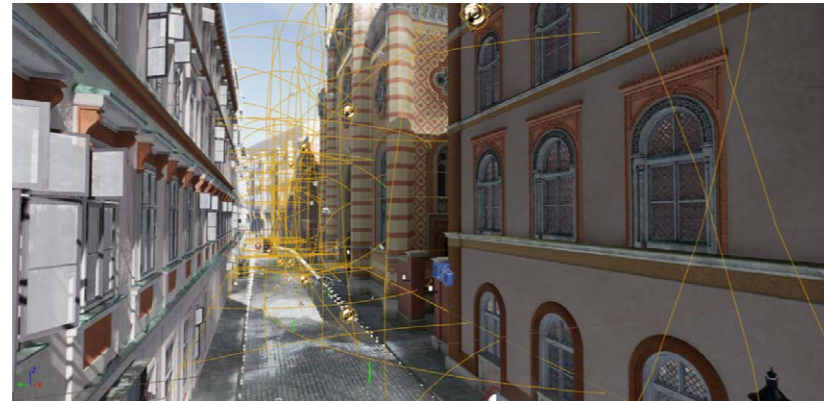


Abb. 5-71: die vielen „SphereReflectionCaptures“ Für eine akkurate Reflexionsberechnung in den Pfützen wurde ein „Planar Reflection“ Objekt (Abb. 5-72) auf Bodenniveau platziert - durch die würde zu einer Verdoppelung des Rechenaufwands führen, da aber nur einige manuell ausgewählte Objekte gespiegelt werden, hält sich der Rechenaufwand in Grenzen. Im VR-Modus muss diese Funktion aber deaktiviert werden.

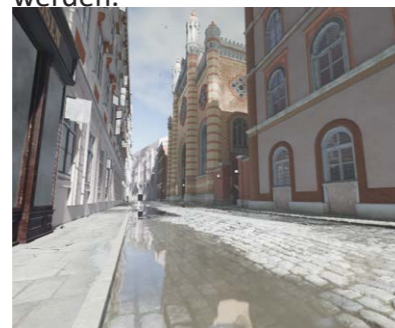


Abb. 5-72: Planar Reflection an



Abb. 5-73: Planar Reflection aus

Das Postprocessing übernimmt ein „PostProcessComponent“ innerhalb des Characters. (siehe Kapitel 6.6.2) Hier wurden einige Anpassungen zugunsten einer realistischeren Optik vorgenommen. (siehe Abb. 5-75)

5.5 SONSTIGES

Es wurden einige Blueprint-Objekte (C.8.4) erstellt, welche durch das „Construction-Script“ die händische Platzierung diverser Modelle automatisierten.

Um eine möglichst immersive Szenerie zu schaffen, war es notwendig, auch die Nachbarbebauung zu erstellen - die

grauen Boxen, welche die Nebengebäude repräsentierten, waren sehr störend. Daher wurde ein modulares System eingeführt, welches auf Blueprint-Scripting setzt. Als Basis diente hier das „Victorian Street“-Paket von Richard Vinci, welches im Unreal Marketplace erhältlich ist. Richard Vinci entwickelte für seine Szene diverse Blueprint-Objekte, welche automatisch Fassadenteile mit Innenausstattung und Fenster platziert. Es ist ein modulares System, welches auf ein durch zehn teilbares Raster setzt. Dieses System wurde für die Nachbarbebauung angewendet, denn alle Gebäude akkurat zu modellieren hätte zu lange gedauert. So mussten bloß die von Richard Vinci erstellten Modelle mit selbst angefertigten



Abb. 5-77: Objekt „bp_Nachbarfassade“



Abb. 5-78: Mehrere Objekte des Typs „bp_nachbarfassade aneinander“ gereiht. (zufällige Vorhangfarbe)

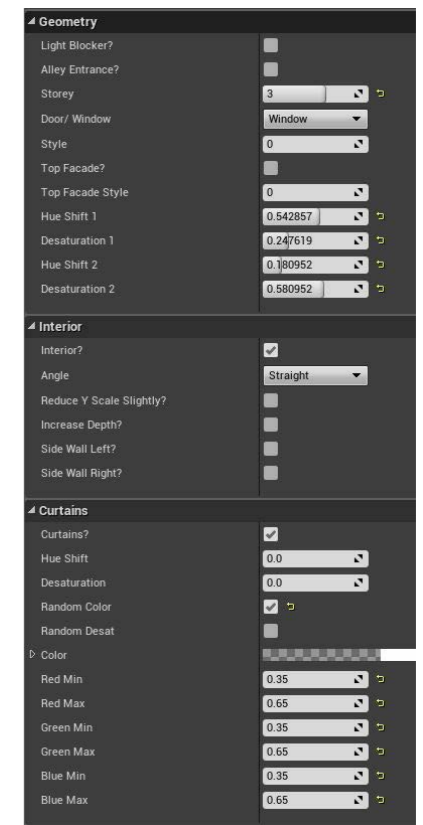


Abb. 5-79: Einstellungsmöglichkeiten des Objekts „bp_nachbarfassade“

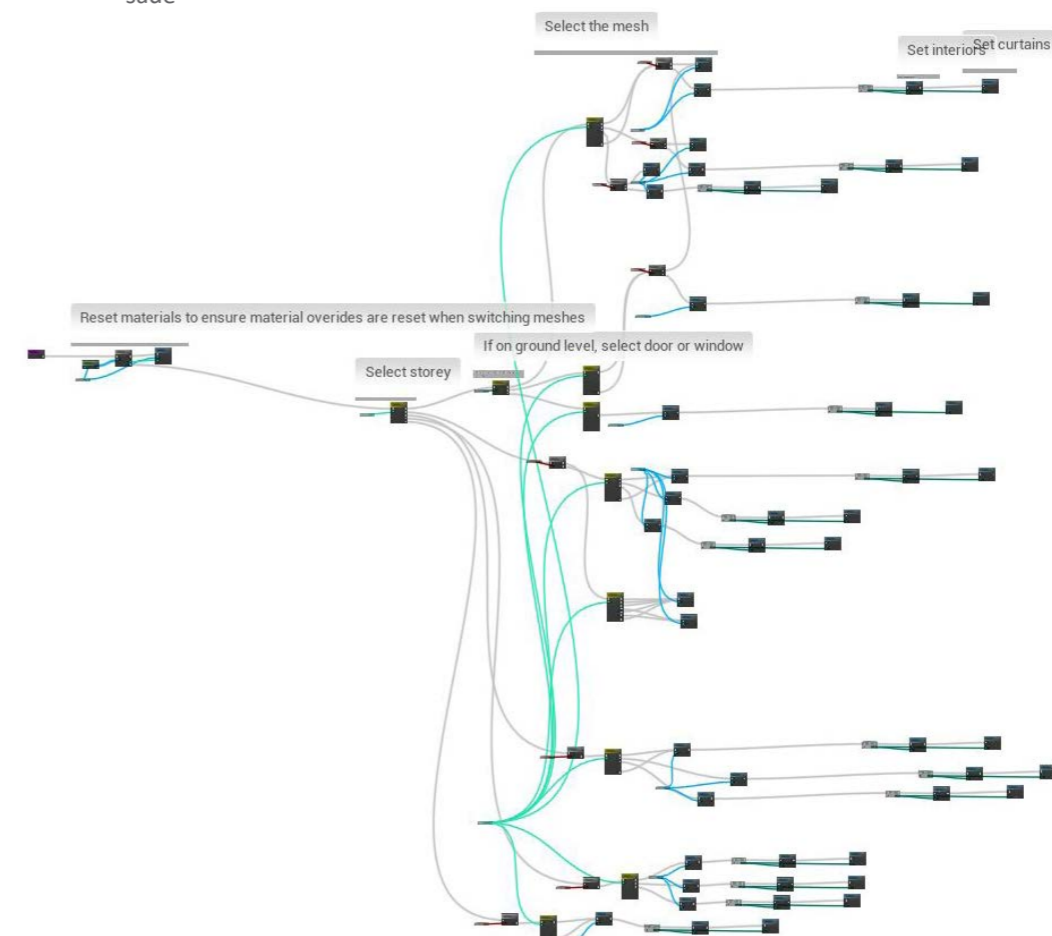


Abb. 5-80: „Construction-Script“ des Objekts „bp_nachbarfassade“

Postprocessing

Abb. 5-74: Ohne Postprocessing

Abb. 5-75: Einige Postprocessing-Einstellungen

Abb. 5-76: Mit Postprocessing

Modellen ersetzt und einige Anpassungen im Script getätigt werden.

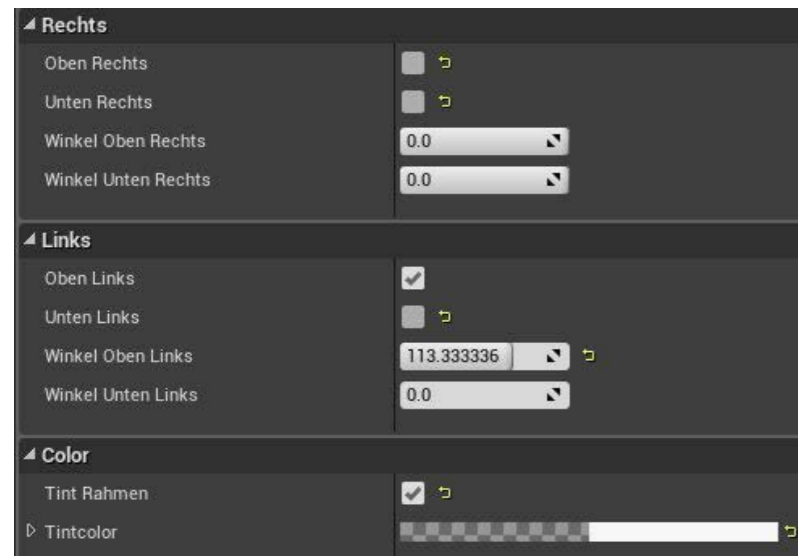


Abb. 5-81: Einstellungsmöglichkeiten „bp_Kastenfenster“



Abb. 5-82: Objekt „bp_Kastenfenster“

So wurde unter Anderem ein Kastenfenster hinzugefügt. (Abb. 5-82) In den Details des Objektes lässt sich nun durch die sichtbaren Variablen auswählen, ob dieses Fenster geöffnet ist, der Winkel der offenen Flügel etc. Dies sorgt für eine Variation des Straßenbilds. Durch eine immer länger werdende Bibliothek solcher Fassadenelemente können so auch relativ schnell ganze gründerzeitliche Straßenzüge für Visualisierungen angefertigt werden.

Auch die Gehsteigkante ist ein Blueprint-Objekt. Mithilfe von „Splines“ werden die modularen Modelle aneinandergereiht und ihre Position bestimmt. Der Startpunkt eines neuen Modells ist dabei immer ein Scheitelpunkt des Splines - der Endpunkt der nächste Scheitelpunkt. D.h.: das Modell wird bis zum nächsten Scheitelpunkt gestreckt.

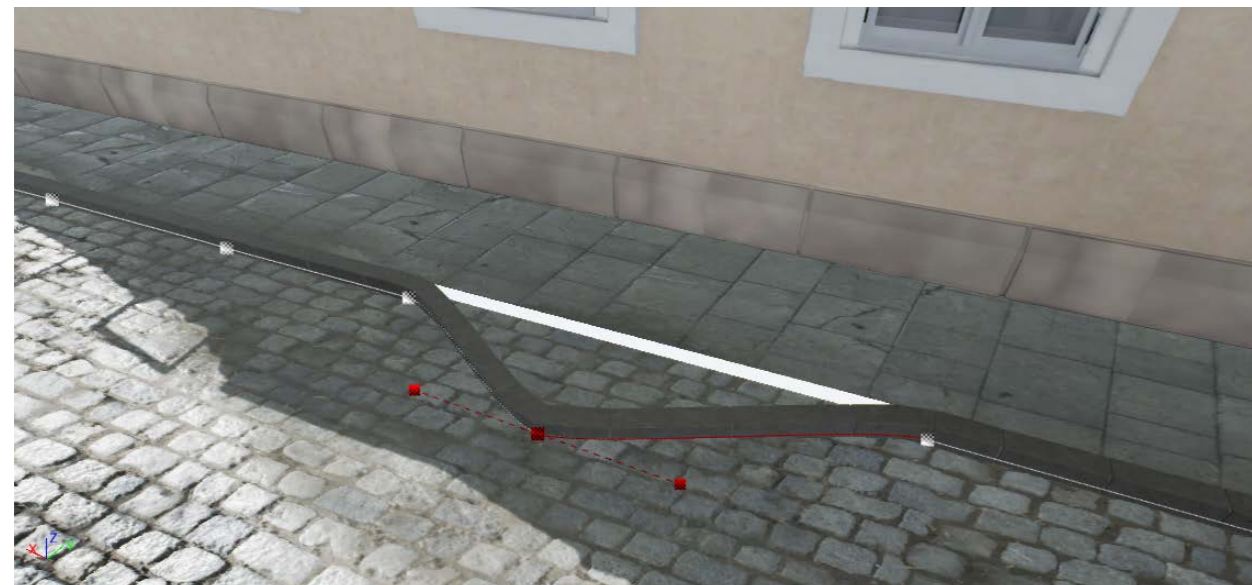


Abb. 5-83: Objekt „bp_Gehsteigkante“, einzelne Gehsteigs-Module werden anhand eines „Splines“ platziert

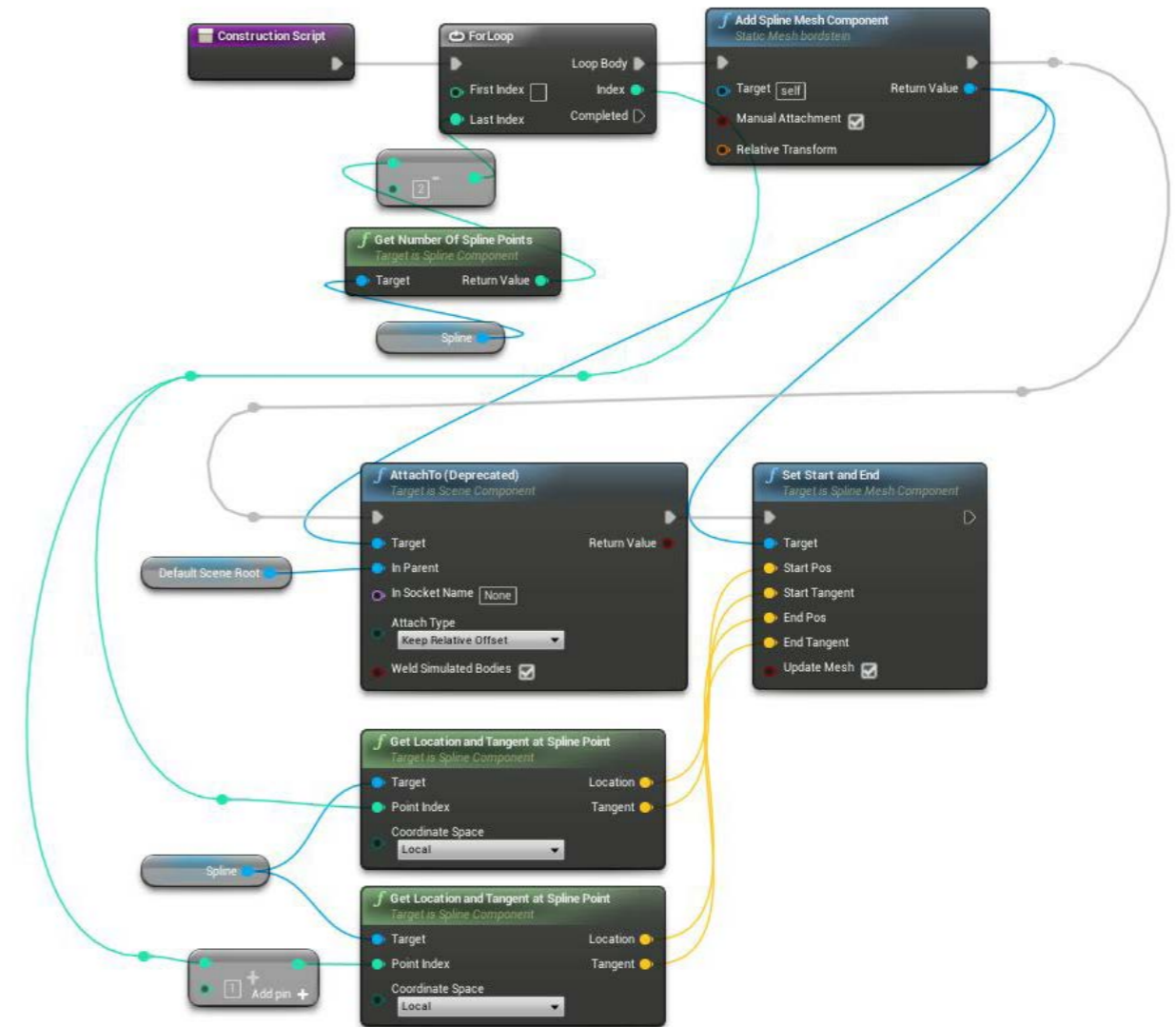


Abb. 5-84: „Construction-Script“ des Objektes „bp_Gehsteigkante“

5.6 ERGEBNISSE

Damit wäre die Erstellung des Modells in der UE erklärt. Nachfolgend einige Screenshots aus der Visualisierung:



Abb. 5-85: Ansicht Tempel

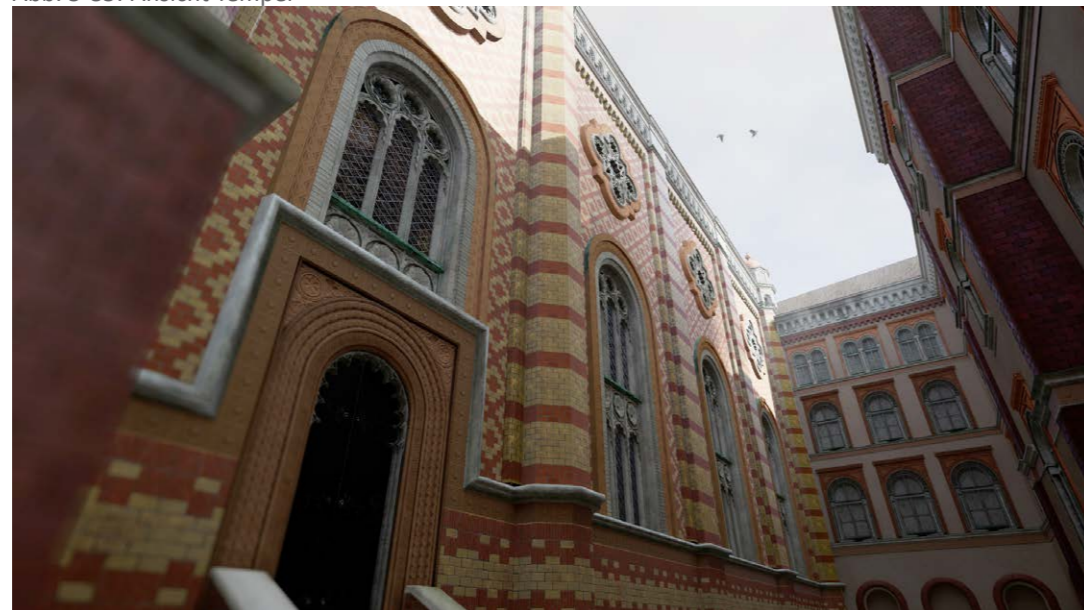


Abb. 5-86: Hofseitige Fassade Tempel

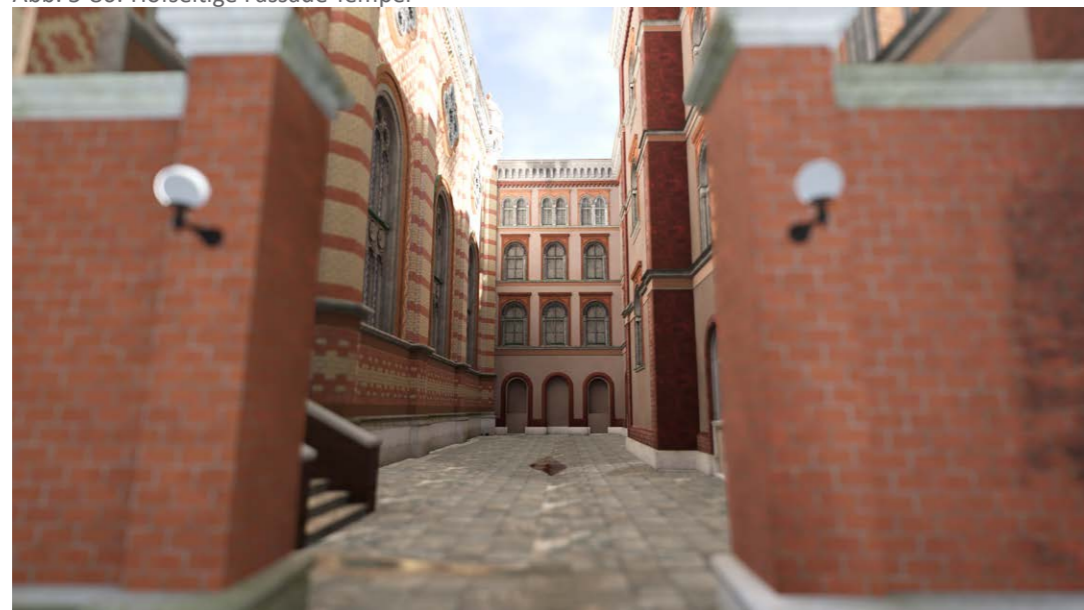


Abb. 5-87: Südlicher Hof

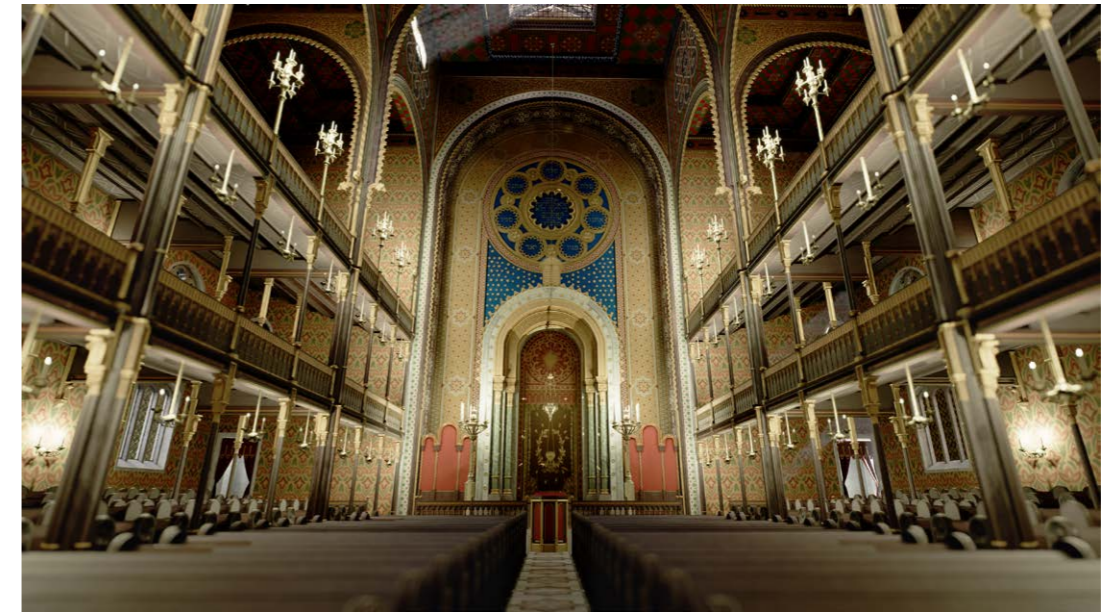


Abb. 5-88: Innenraum

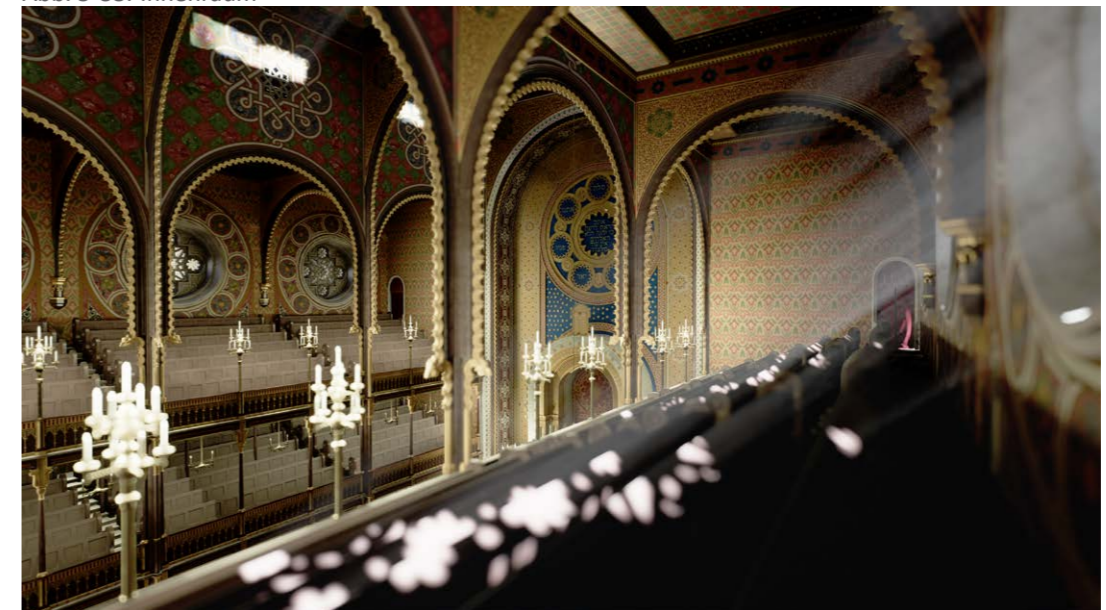


Abb. 5-89: Innenraum, 2. Obergeschoss

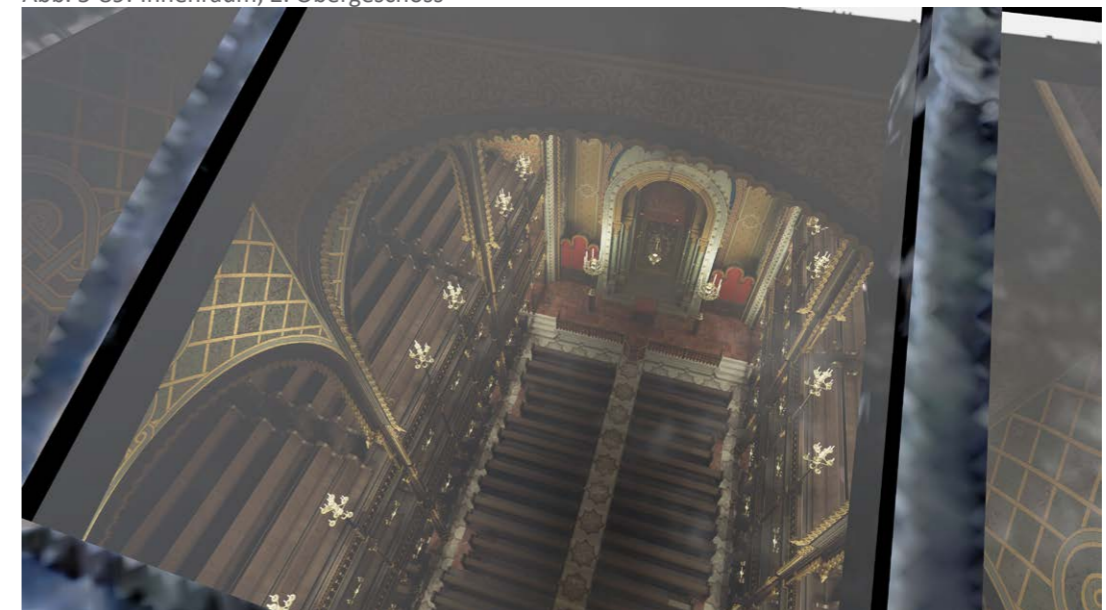


Abb. 5-90: Innenraum vom Oberlicht aus

5.7 ZUKUNFTSAUSSICHTEN - ECHTZEITVISUALISIERUNG

Eine BIM-Modellierung und die Modellierung für eine Echtzeitvisualisierung sind leider noch zwei grundverschiedene Dinge. Jedoch ist weitläufig bekannt, dass man sich dieser Problematik seitens der Softwareentwickler bewusst ist. In naher Zukunft werden aber sicherlich (weitere) Lösungen angeboten werden, welche die zwei Welten besser vereinen. Hier sind besonders zwei Entwicklungen hervorzuheben:

5.7.1 ONE-CLICK LÖSUNGEN (GESCHLOSSENE UMGEBUNGEN)

... mit ihnen sind einfache Echtzeitvisualisierungen moderner Architektur bereits heutzutage kein Problem mehr. Mit „Twinmotion 2018“ (auf der UE basierend) der Firma „Abvent“ oder Lumion der Firma „Act-3D B.V.“ gibt es bereits einige „geschlossene“ „One-Click“ Lösungen am Markt, welche sich speziell dieser Aufgabe widmen – wenn auch die individuelle Anpassung der Visualisierung hier nur durch diverse Regler möglich ist (z.B.: das Wetter von sonnig auf regnerisch stellen ist kein Problem) – für die meisten Echtzeit-Architekturvisualisierungen von der Stange ist das wahrscheinlich ausreichend. Sie erreichen aber (vorerst) nie die visuelle Qualität wirklich händisch-generierter Echtzeitvisualisierungen in z.B.: Unity, Unigine oder eben Unreal. Dies hat vor allem damit zu tun, dass die Beleuchtung, welche hier verwendet wird, dynamisch ist. Diese dynamischen Lichtquellen haben zwar den Vorteil, ohne Einschränkungen z.B.: die Tageszeit ändern zu können, die Qualität der Ausleuchtung ist aber noch relativ grob und hält nicht mit der Qualität vorberechneter (aber starrer) Beleuchtung mit - womit dieser Vorteil zunichte gemacht wird. Die vorberechnete (und in Lightmaps gespeicherte) Beleuchtung braucht in der Regel eine manuelle Vorarbeit und ist daher für One-Click-Anbieter nicht verfügbar - dies wird sich erst in den nächsten Jahren durch stärkere Grafikchips und eine akkurate „Raytrace-Global-Illumination“ in Echtzeit lösen lassen. Neben der schlechten Beleuchtung kann es bei komplexer Geometrie schnell zu Problemen kommen (aufgrund falschen „Shadings“), daher werden solche Visualisierungen zur Zeit primär für einfache moderne Einfamilienhäuser mit schlichten Elementen erstellt.

Zumindest letztgenanntes Problem könnte durch die Möglichkeit, zusätzliche „Echtzeit-optimierte-Meshes“ direkt in der BIM-Umgebung hinzufügen zu können, behoben werden. So

könnte für die Arbeit in BIM auf ein, auf „Solids“ basierendes, Modell zugegriffen werden und für den Import in eine Echtzeitengine automatisch ein händisch optimiertes polygonales Modell verwendet werden. Dies hätte z.B.: in diesem Projekt viel Zeit gespart, da, wie erwähnt, händisch die „Morph“-Objekte wieder mit Modellen für die Echtzeitvisualisierung ausgetauscht werden mussten.

5.7.2 OFFENE ECHTZEITENGINE (Z.B.: UNREAL-ENGINE)

Die möglichst fotorealistische Darstellung komplexer BIM-Modelle ist zur Zeit nur sehr schwer und nur mit viel Arbeit in einer offenen Echtzeitengine wie der Unreal-Engine möglich. Seitens des Entwicklers der UE „EPIC GAMES“ ist man sich dieses Umstands sichtlich bewusst, denn man arbeitet hart daran, die Erstellung einer Visualisierung zu erleichtern und die lästige Vorarbeit beseitigen soll. Die Lösung lautet „Unreal Studio“ (ehm. „Datasmith“), quasi ein UE für CAD, mit allen Funktionen aber einer zusätzlichen direkten Schnittstelle zu verschiedenen, in der Architekturbranche üblichen CAD-Programmen, was einen bedeutend effizienteren „Workflow“ bedeutet. Hier werden die nativen Materialien, Objekteigenschaften, Beleuchtung etc. automatisch so konvertiert, dass sie in der UE wiedergegeben werden können – auch der Import aus ArchiCAD oder Revit wird bedeutend einfacher werden und Geometrie bzw. UV-Probleme automatisch behoben werden. Leider erscheint die kostenpflichtige Vollversion erst im Herbst nächsten Jahres und ist daher für diese Arbeit noch irrelevant. Der Verfasser ist aber selbst Beta-Tester dieser Softwarelösung und kann daher sagen, dass es die Arbeit, wie beworben, immens erleichtert - Bauten wie eine Synagoge werden aufgrund ihrer Komplexität aber noch eine manuelle Nachbearbeitung benötigen, z.B.: wenn das Ergebnis auf unterschiedlichsten Geräten laufen soll und daher möglichst optimiert sein sollte. . Dennoch ist hier ein fotorealistischer Ansatz noch am ehesten möglich.

Einen riesigen Vorteil hat eine „offene“ Echtzeitvisualisierung aber noch, welcher beim Einsatz „geschlossener“ „One-Click“ Anbietern verloren geht: Die Möglichkeit speziell auf Kundenwünsche angepasste Visualisierungen zu erstellen (zu „branden“) - etwas, was bei einem Einfamilienhaus vielleicht nicht so wichtig erscheint, bei einem riesigen Wohnprojekt eines Bauträgers aber schon eher. Daher ist die Nutzung „offener“ Echtzeitengines wie die Unreal-Engine für solche Aufgaben prädestiniert - die UE trumpft auf, wenn „mehr“ als bloß eine Visualisierung gefordert wird. (Stichwort Gamifikation)

Auch mit diesem Projekt wurde „mehr“ als nur eine starre Visualisierung generiert, wie im nächsten Hauptkapitel gezeigt werden soll.

5.8 UNTERSCHIEDE BIM- / ECHTZEITMODELL

Dieses Hauptkapitel abschließend werden die wesentlichen Unterschiede in der Erstellung der Modelle kompakt aufgeschlüsselt:

	BIM / ArchiCAD	Echtzeit / Unreal
Allgemeines	Ein komplettes Gebäude in all seinen Einzelheiten darstellen.	Das sichtbare Gebäude darstellen.
	„Intelligente“ Modelle, wasserdichte Solids, mathematisch leicht bestimmbar, Auflösung und Detailierung häufig maßstabsabhängig	„Tote“ Modelle, offene und starre Polygonnetze, häufig nicht wasserdicht, für eine Auflösung & einen Zweck
	Verwendung „integrierter“, vorgegebener Funktionen	Die Funktionen müssen selbst programmiert werden
Modellierung	Objektanzahl „egal“, Dokumentierbarkeit hat Vorrang.	Möglichst wenige Objekte, Zusammenfassung in logisch-zusammenhängende Elemente, um Rechenleistung zu sparen, ebenso Modular
	„Wasserdichtes“ Modellieren: Objekte müssen geschlossen modelliert sein	„Optimiertes“ Modellieren: Rückwände oder innenliegende, nie sichtbare Flächen werden entfernt

	Modelle besitzen Innenleben (z.B.: mehrere Schichten)	Nur äußerste Flächen sichtbar
	Verwendung „echter“ Geometrie, Details möglichst ausmodellieren	Details oder kleine Objekte meist nur durch Texturierung „vorgetäuscht“ (Fliesen)
Texturierung und Materialien	Texturierung über simple Projektionstechniken wie Planar, Sphärisch etc.	Manuelles „abwickeln“ der Objekte, „einzigartige“ UVs
	Verwendung „kachelbarer Texturen“	„Kachelbare Texturen“ und „einzigartige Texturen“
	Objekten/Flächen werden Materialien zugewiesen - Materialaufteilung möglichst wie in der Realität, Objektabhängig, Z.B.: ein Sessel: Den Armlehnen aus Metall wird das Material Metall zugeordnet, der Sitzschale aus Plastik - das Material Plastik usw..	Eine Textur kann mehrere Materialien umfassen, Masken - Materialaufteilung meist Texturabhängig. Z.B.: kann das Material „Material_Sessel“ Informationen über die metallenen Armlehnen bzw. die Sitzschale aus Plastik enthalten.
	Schlichte, nicht physikalisch-korrekte, symbolische Texturierung	komplexes Materialsystem („PBR“), effiziente Simulation von echten Phänomenen. (aber zur Zeit noch unakkurat, nur annäherungsweise)
Arbeitsschritte	Veränderungen sind schnell und leicht umsetzbar	Veränderungen müssen mühsam neu implementiert werden. (neue UV Koordinaten, neue Texturen etc)

Video der Funktionen:
<https://youtu.be/0YtoYtBZhHo>



6. DIE INTERAKTIVE VISUALISIERUNG IN DER UNREAL ENGINE

*Beschäftigte sich das vorangegangene Kapitel noch mit dem Prozess des „Rekonstruierens“, wird in diesem Kapitel beschrieben, wie aus einem starren Modell eine für die Allgemeinheit (einen potenten Computer vorausgesetzt) zugängliche interaktive Visualisierung wird. Es beschränkt sich rein auf Fragen zur App-Funktionsweise. Hier wird dringend geraten, zuerst den Unreal-Exkurs ab **Kapitel C.8** durchzulesen.*

Die resultierende Applikation erlaubt es, den zerstörten Tempel virtuell zu besichtigen - und zwar in dem Zustand nach 1898, also in der Phase der stärksten Ornamentierung nach der Renovierung durch Wilhelm Stiassny und vor dem großen Brand 1917, welcher dem Tempel viel seiner Pracht raubte. Diese „App“ geht über eine übliche Architekturvisualisierung hinaus, denn zusätzlich wird dem Nutzer die Synagoge und dessen Geschichte interaktiv aufbereitet. Um allen Nutzungsmöglichkeiten gerecht zu werden, wurden außerdem drei Steuerungsmodi (Virtual-Reality, Second-Screen und Maussteuerung) implementiert.

Die Visualisierung wurde Ende 2016 begonnen und mit Pausen im Großen und Ganzen im Frühjahr 2018 fertiggestellt. Durch diese große Zeitspanne wurden mehrere Versionen der UE verwendet, beginnend mit der UE Version 4.12. Das „Updaten“ auf eine neue Engine-Version ging immer fehlerfrei von sich. Die letzte, finale Version der Visualisierung wurde mit der UE Version 4.18 erstellt.

In den nächsten Unterkapiteln soll nun die Funktionsweise dieser App bzw. die Erstellung selbiger exemplarisch gezeigt werden. Die gesamte Logik (bis auf einige Funktionen für die Implementierung des „Second-Screen-Modus“, welche in C++ erfolgten) wurde innerhalb der „Blueprint“-Umgebung programmiert.

6.1 HARDWARE-VORRAUSSETZUNGEN

Die Visualisierung wurde für potente Hardware entwickelt. Es wurde versucht, dass System des Verfassers dieser Arbeit auszureizen und dahingehend optimiert. Verwendet wurde ein

Abb. 6-1: Wireframe-Viewmode im UE-Editor



Abb. 6-2: Laptop des Verfassers

starker (Gaming)-Laptop (HP Omen 17-an016ng), welcher für Echtzeitanwendungen natürlich prädestiniert ist, bestehend aus folgenden Komponenten: Intel 7700HQ (CPU), einer Nvidia GTX1070 (Grafikkarte) mit 8GB Videospeicher und 32GB RAM Arbeitsspeicher.

Es wird empfohlen, einen Computer mit mindestens diesen Spezifikationen zu benutzen, für den VR-Modus wäre (aufgrund eines höheren Rechenaufwands) eine bessere Grafikkarte wie eine GTX1080 oder GTX1080-TI bzw. TITAN V begründenswert, da der verwendete Laptop hier schon an seine Grenzen stößt. Entscheidend ist eine gute Leistung unter DirectX – im Gegensatz zu klassischen Workstations. Die Leistung in OpenGL spielt nur eine untergeordnete Rolle, daher wird von professionellen Grafikkarten der Nvidia Quadro oder AMD Firepro-Serie eher abgeraten, jedoch sollte der Betrieb unter modernen Grafikkarten auch hier problemlos möglich sein.

6.2 BESONDERE PROJEKTEINSTELLUNGEN

Die Visualisierung verwendet „Forward Rendering“, was in den Projekteinstellungen ausgewählt wird. Diese Rendering-Methode ist gegenüber der standardmäßig verwendeten Methode „Deferred Rendering“ besser für eine VR-Anwendung geeignet, da die Unschärfe im VR-Display durch einen besseren „Anti-Aliasing“-Algorithmus (Multisample Anti-Aliasing, MSAA) reduziert wird und auch die allgemeine Performance besser ist. Leider muss man auf die Vorzüge des Deferred Rendering verzichten (so ist ein Zugriff auf die diversen Rendering-Channels nicht mehr möglich) und dynamische Lichter müssen auf ein Minimum reduziert werden. Auch können nur maximal 16 Texturen gleichzeitig für ein Material verwendet werden - eine Tatsache die sehr komplexe Materialien etwas einschränkt.

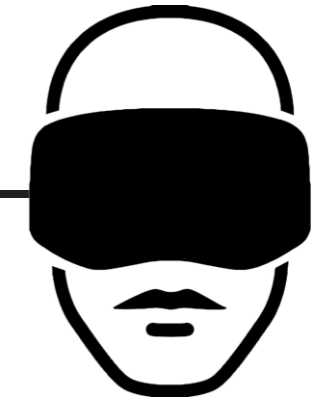
6.3 DIE STEUERUNGSMÖGLICHKEITEN

Die Funktionen für die Steuerung enthält die Klasse „Multicharacter“. (Kapitel 7.3.2)

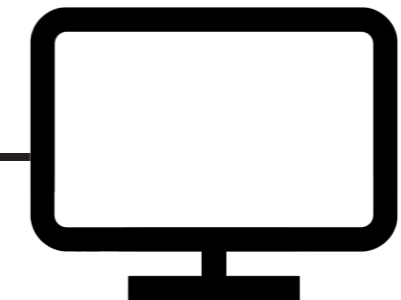
Wie erwähnt, enthält die App drei verschiedene Steuerungsmodi:

1. VR-MODUS: Durch die Verwendung eines modernen „Virtual-Reality“-Headsets wird der Nutzer direkt in die virtuelle Umgebung transportiert, wo er sich ohne vorgegebene Pfade oder fixe Ansichten frei bewegen kann. So werden die vielen architektonischen Details und Elemente rundum betrachtbar und ihre räumliche Wirkung durch das stereoskopische Rendering spürbar. Entwickelt wurde die App für die VR-Brille

„Oculus Rift“ der Firma „Oculus“, Tochterfirma von „Facebook“. Die Visualisierung sollte aber auch mit Konkurrenzprodukten wie z.B.: der „HTC VIVE“ nutzbar sein, bzw. ist es leicht, sie für andere Brillen anzupassen - so sollte sie auch für nachkommende VR-Headsets-Generationen gewappnet sein. Zum Zeitpunkt dieser Arbeit befindet sich die VR-Technik noch in den Kinderschuhen, was an der relativ niedrigen Auflösung der eingebauten Displays wohl am stärksten zu erkennen ist – bereits die nachfolgende Generation könnte dieses Problem aber bereits lösen.



2. SECOND-SCREEN-MODUS: Dieser Modus ist für einen Ausstellungszweck besser geeignet. Die Visualisierung wird hier an einem großen Monitor angezeigt, während die Nutzereingabe über ein zweites Gerät (z.B.: Laptop oder Tablet) per W-LAN erfolgt. Dieser Modus ist zum Zeitpunkt dieser Niederschrift noch nicht zu 100% funktionstüchtig (Verbindungseinbrüche, Steuerungsprobleme etc.), wird aber auf Wunsch für eine Ausstellung bzw. konkretem Interesse eines Museums natürlich überarbeitet, aber für erste Demonstrationszwecke ist die Implementierung ausreichend. Die völlige Ausarbeitung würde die Abgabe der Arbeit weiter verzögern bzw. ist die Implementierung nicht ausschlaggebend.



3. MAUSSTEUERUNG: Für Personen, die keine der beiden anderen genannten Modi anwenden können (aber einen leistungsstarken PC besitzen) wurde eine normale Maussteuerung implementiert. Hierfür wird nur die linke Maustaste benötigt.



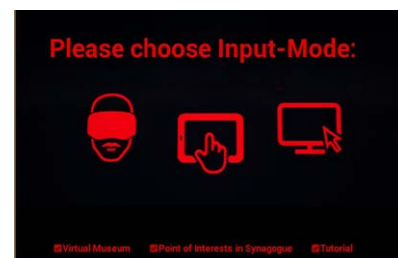


Abb. 6-3: Startup-Menü



Abb. 6-4: Fehlermeldung in der Loadingmap



Abb. 6-5: Intro



Abb. 6-6: Tutorial



Abb. 6-7: Virtuelles Museum

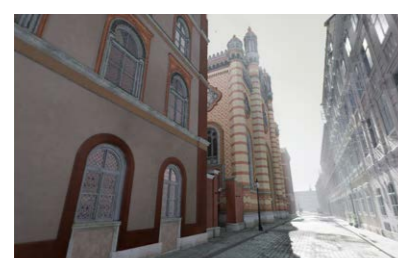


Abb. 6-8: Virtueller Besuch

6.4 DER AUFBAU DER VISUALISIERUNG

Die Visualisierung ist in die folgenden sechs „Masterlevels“ unterteilt:

1. Die „Startup-Map“ (Startupmap) (Abb. 6-3)

Hier kann der Nutzer seine gewünschte Steuerung auswählen und diverse „boolische“ Variablen durch „Häkchen“ verändern, welche die anschließende Visualisierung auf die gewünschte Art maßschneidern und verändern. In einer Museumsumgebung würde dieses Menü nur der Museumsmitarbeiter sehen. So kann hier zum Beispiel ausgewählt werden, dass das virtuelle Museum übersprungen werden soll, z.B.: wenn bereits das "reale" Museum, wo die Visualisierung vorgeführt wird, selbst eine reale Ausstellung hat. Nach der Auswahl des gewünschten Modi wird das Intro bzw. Hauptmenü geladen.

2. Die „Loading-Map“ (Loadingmap) (Abb. 6-4)

... ist rein für einige Überprüfungen zuständig. Der Nutzer bekommt aber i.d.R. Nichts davon mit. Nach erfolgreicher Überprüfung wird automatisch der folgende Level geladen.

3. Das Intro bzw. Hauptmenü (Intromap) (Abb. 6-5)

Hier wird das Intro abgespielt und der Nutzer kann seine gewünschte Sprache einstellen. Benötigt der Nutzer für die Auswahl zu lange oder befindet sich die Visualisierung in einer unbeaufsichtigten Museumsumgebung, startet das Intro solange erneut, bis eine Eingabe erfolgt.

4. Das Tutorial (Master_Tutorial) (Abb. 6-6)

Hier lernt der unerfahrene Nutzer im Tutorial die Bedienung und Interaktionsmöglichkeiten für den jeweilig ausgewählten Steuerungsmodus. Hierfür wurden eigens Videos aufgenommen. Nach Beendigung des Tutorials wird (je nach den im Setupscreen ausgewählten Optionen) entweder das virtuelle Museum oder der virtuelle Besuch geladen.

5. Das „virtuelle Museum“ (Master_Museum) (Abb. 6-7)

Im virtuellen Museum wird zum einen die Rekonstruktion in einfacher Form erklärt aber andererseits natürlich die Synagoge selbst dem Nutzer näher gebracht.

6. Der „virtuelle Besuch“ (Master_Visit) (Abb. 6-8)

...ist das Kernstück der Visualisierung. Der Nutzer befindet sich hier in normaler Größe eines Erwachsenen in der Tempelgasse im Jahre 1898, wo die Synagoge und ihre Umgebung erforscht werden kann. Aufgelockert wird der Besuch durch bestimmte Interaktionspunkte, wie Kameras und Malerpaletten, welche relevante Dokumente nahtlos in die Umgebung einblenden.

Speziell aufleuchtende Informationspunkte indessen sollen auftretende Fragen klären.

Diese „Masterlevel“ können selbst mehrere Level („Sublevel“) enthalten:

War für die Erstellung des Modells in der UE im vorherigen Hauptkapitel prinzipiell nur ein Level (namens „Tempel“) benötigt, in welchem die Synagoge Stück für Stück aufgebaut wurde, war nun aufgrund der Funktionsweise bzw. aufgrund besserer Optimierung eine Trennung in separate Level notwendig, welche durch das „Sublevel“-System in der UE dynamisch und bei Bedarf „gestreamt“ (geladen) werden können. (C.1) z.B.: der Level „Tempel“ ist selbst nur ein Sublevel das Masterlevels „Master_Visit“, sowie weitere Sublevel für Innen und Außen, für das Fensterglas, für die Umgebung etc. aber auch für Objekte der Unreal-Engine selbst, wie ein extra Level nur für die Beleuchtung. So können immer nur die benötigten Elemente eingeblendet werden und so Rechenleistung durch das Ausblenden der Umgebung beim Betreten der Synagoge gespart werden.

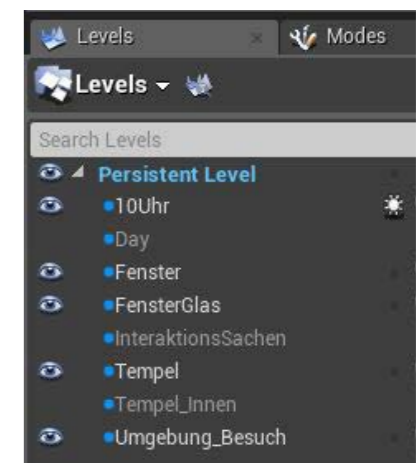


Abb. 6-9: Die Sublevel des Levels "Master_Visit", ausgegraut aktuell nicht geladene Sublevels) Die Levels 10Uhr bzw. Day enthalten nur Beleuchtungsinformationen (Beleuchtungsszenarien)

6.5 LEVELS UND ENTHALTENE LOGIK GENAUER BETRACHTET

Hier werden die Funktionsweise der verschiedenen Level und ihre Besonderheiten grob erklärt. So soll beispielhaft gezeigt werden, wie leicht eine interaktive Architekturvisualisierung in der UE innerhalb des Blueprint-Systems erstellt werden kann. Es wurden außerdem QR-Codes hinzugefügt, über welche der interessierte Leser die vollständigen Logik-Graphen betrachten kann.

6.5.1 „STARTUPMAP“ (STARTUPMAP)

Dieser Level wird automatisch beim Start der Visualisierung geladen. (Nach dem Klicken der .exe-Datei) Erreicht wird dies durch die Auswahl als „Default-Map“ in den „Project-Settings/Project/Map&Modes“.

Alle enthaltenen Funktionen wurden aufgrund der simplen Aufgaben direkt im „Level-Blueprint“-Graphen (Abb. 6-10 und Abb. 6-11) programmiert. So wird beim Event „BeginPlay“ ein „Widget“ (namens „Startupwidget“) erstellt, welches die unteren Auswahlkästchen enthält. Die Steuerungsmodi-Icons indessen sind einfache in der Welt platzierte Objekte, mit einer „Timeline“-Animation (z-Achse auf und ab; siehe Abb. 6-11), welche ein „OnClick“-Event (Abb. 6-10) besitzen. Klickt man so ein Icon wird der gewünschte Modus ausgewählt und der nächste Level geladen. („LoadingMap“).



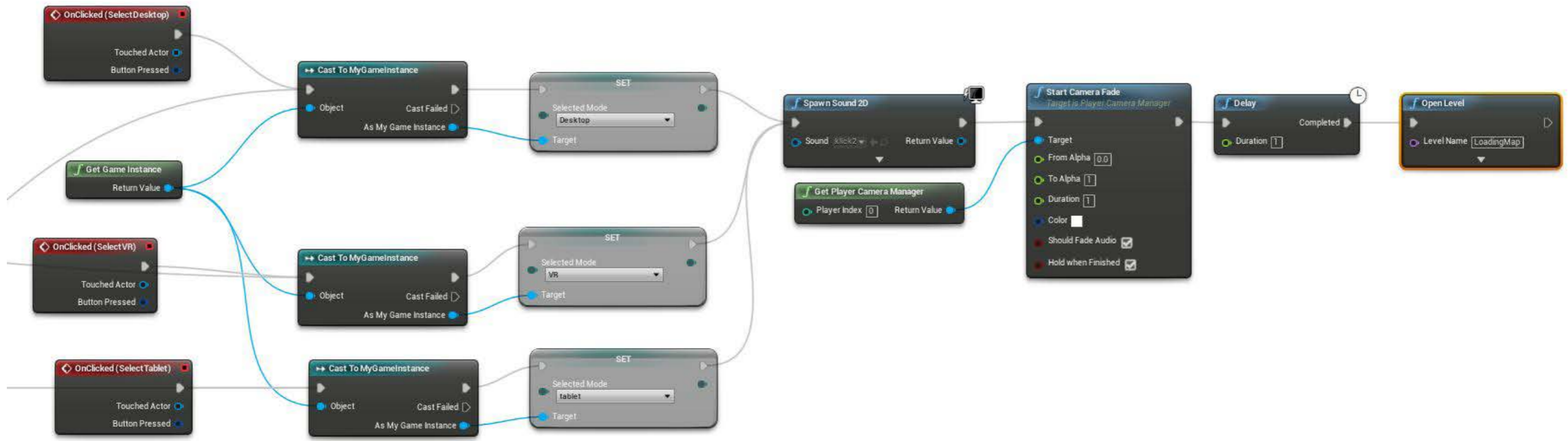


Abb. 6-10: StartupMap, „OnClick“-Events

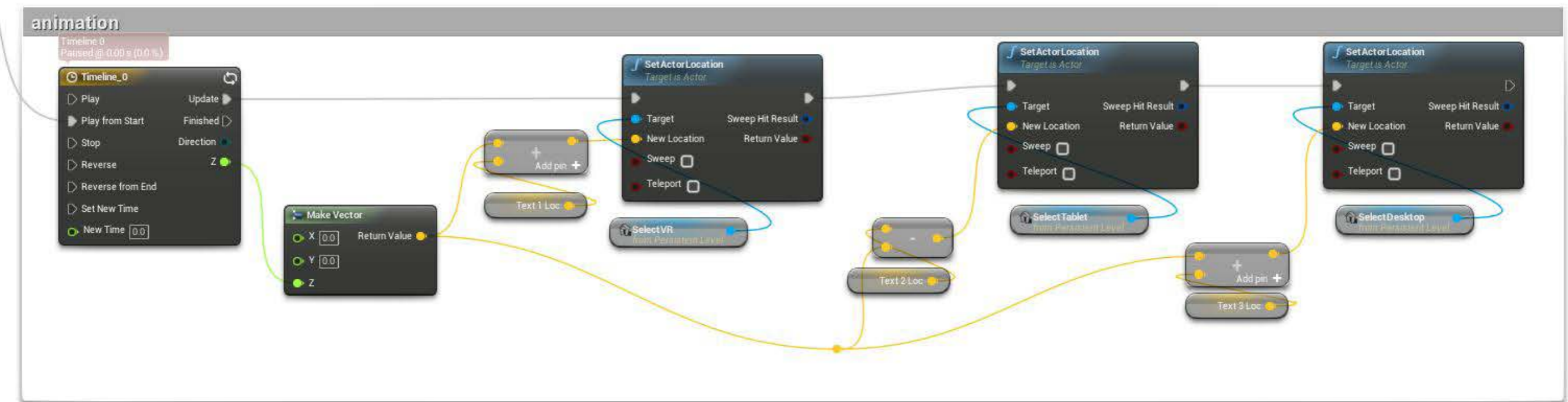


Abb. 6-11: StartupMap, Timeline-Animation der Icons



6.5.2 „LOADING-MAP“ (LOADINGMAP)

Der im Prinzip „leere“ Level überprüft innerhalb des Levelblueprints (Abb. 6-12), ob es Probleme mit dem ausgewählten Steuerungsmodus gibt. Es wird hier bspw. getestet, ob überhaupt ein VR-Headset angesteckt ist. Sollte dies nicht der Fall sein aber wurde der VR-Modus ausgewählt, wird automatisch zur Maussteuerung gewechselt. Außerdem werden je nach gewähltem Modus unterschiedliche Konsolenbefehle aufgerufen. Nach diesen „Checks“ wird der Introlevel geladen.

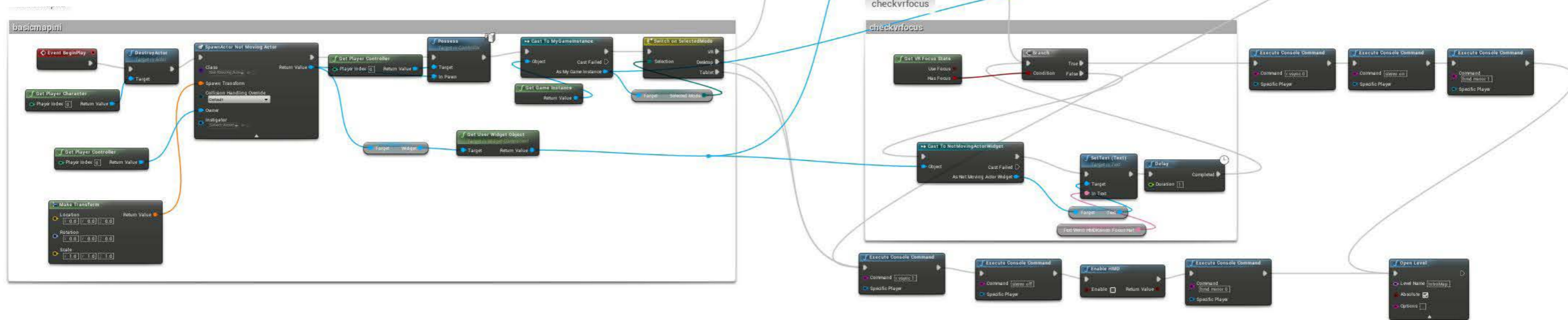


Abb. 6-12: Logik Loadingmap



6.5.3 INTRO BZW. HAUPTMENÜ (INTROMAP)

Das Intro und das nachfolgende Sprachenauswahl-Menü befindet sich auch in einer normalen Levelumgebung. Auch hier wurde die simple Logik in den Level-Blueprint integriert. (Abb. 6-13)

Das Intro selbst ist eine „Levelsequence“ (C.9). In dieser Sequenz wurde mithilfe von Keyframes eine Kamerafahrt erstellt. (Abb. 6-14 bzw. Abb. 6-15)

Zusätzlich wird das Verhalten der übrigen Elemente (Logo, Text, die Menü-Icons etc) durch diese Levelsequence gesteuert (in Abb. 6-14 bzw. Abb. 6-15 unten sichtbar), indem die in der Welt platzierten Objekte als „track“-bares Objekt der Sequence hinzugefügt wurden - dadurch können z.B.: die verschiedenen Materialparameter dynamisch geändert werden.

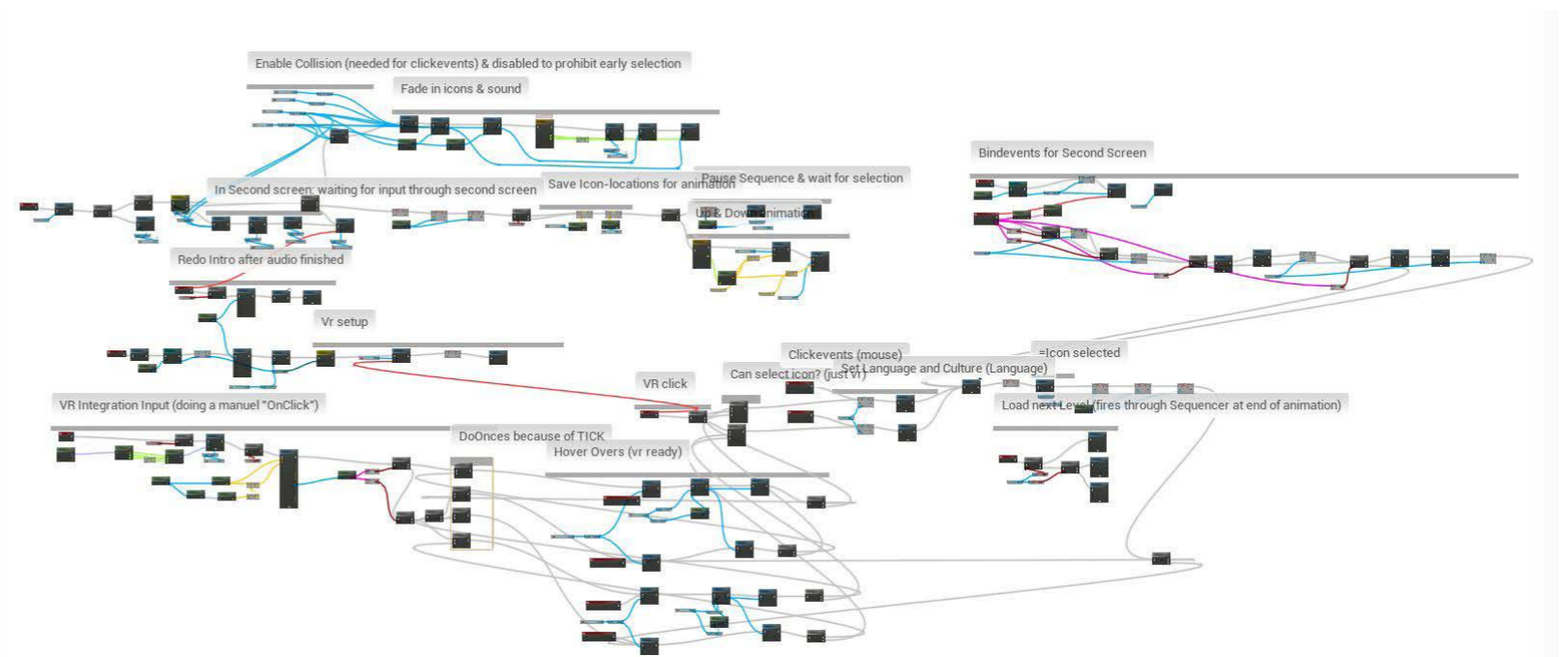


Abb. 6-13: Logik IntroMap

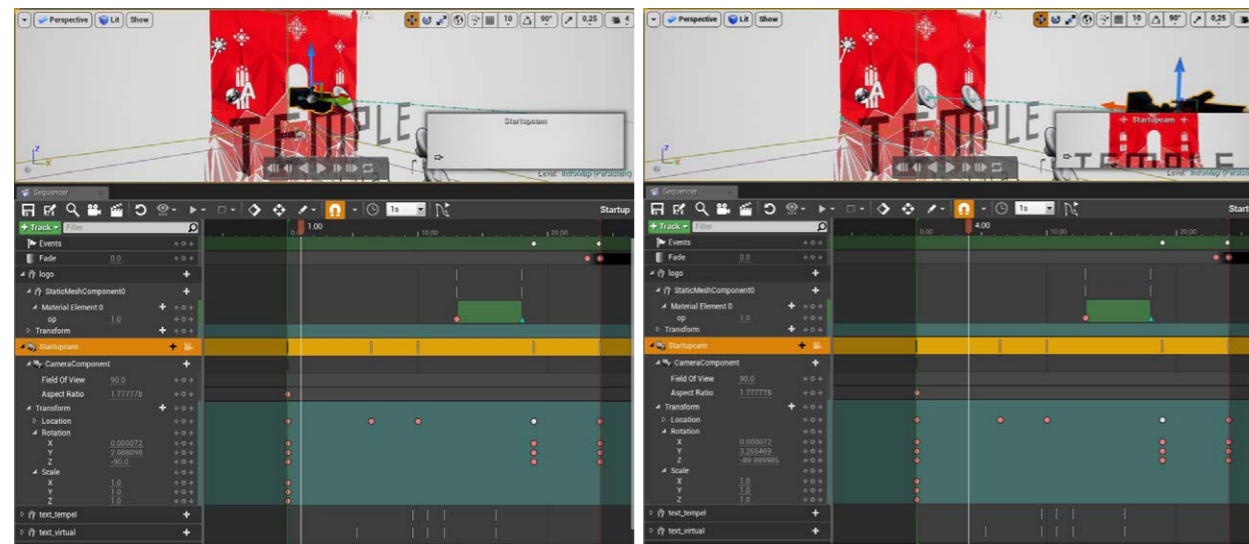


Abb. 6-14: Sequenz Sek. 0,5

Abb. 6-15: Sequenz Sek. 3,5

Die Menü-Icons selber sind (wie im vorherigen Level) im Level platzierte Objekte mit einer Timeline-Animation und „OnClick“-Events. Der Nutzer ist hier auf eine starre Kamera beschränkt und kann erst nach der Pausierung des Intros (durch das in der Levelsequence ausgelöste Event „IntroWait“ ca. bei Sekunde 19, Abb. 6-14 und Abb. 6-15 oberste Zeile) mit dem Menü interagieren. („ClickEvents“ werden mithilfe „EnableClickEvents“ erlaubt)

Nach Klicken der Sprachauswahl wird die LevelSequence bzw. die Kamerafahrt fortgesetzt. Kurz vor dem Schluss der Sequence wird dann das Event „LoadLevel“ ausgelöst. Hier wird, abhängig von den im „Setup-Menü“ ausgewählten Optionen bzw. den Variablen) das Tutorial, das virtuelle Museum oder der virtuelle Besuch geladen.

Benötigt der Nutzer für die Auswahl zu lange oder befindet sich die Visualisierung in einer unbeaufsichtigten Museumsumgebung, startet das Intro solange erneut, bis eine Eingabe erfolgt. (Das Custom-Event „RedoIntro“ wurde an der Event „OnAudioFinished“ gebunden - somit wird das Intro beim Enden der Hintergrundmusik erneut gestartet bzw. der ganze Level neu-geladen)

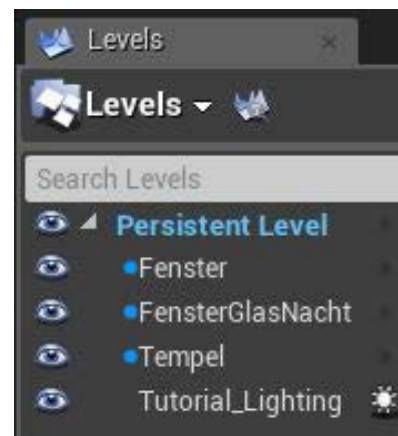


Abb. 6-16: Sublevel "Master_Tutorial"

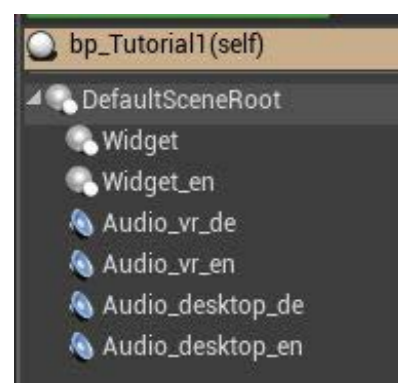


Abb. 6-17: bp_Tutorial, Components

6.5.4 TUTORIAL (MASTER_TUTORIAL)

Das Tutorial verwendet den Sublevel „Tempel“ und „Fenster“ wieder. (Abb. 6-16) Die diversen Tutorialpunkte sind einfache Objekte der Klasse „Actor“ namens bp_Tutorial. Ihnen wurden jedoch zwei „Widget Components“ bzw. vier „Audio-Components“ hinzugefügt. (Abb. 6-17) Die „Widget Components“ zeigen ein „Widget“ (C.10) direkt in der Spielwelt an. Da die automatische Übersetzung des Textes aufgrund fehlender „Multiline“-Unterstützung nicht möglich war, wurden separate Widgets für die deutsche bzw. englische Sprache manuell erstellt. Die Audio-Components wiederum spielen die korrekte Vertonung, je nach gewählter Steuerung, ab. (Abb. 6-18)

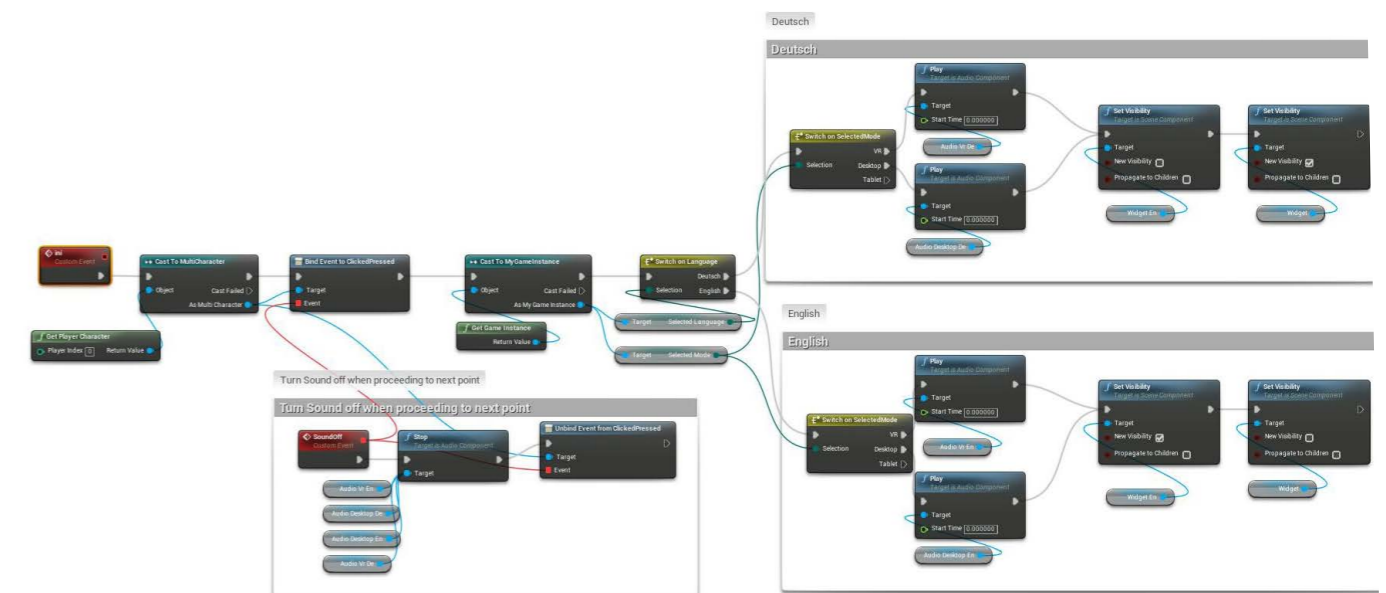


Abb. 6-18: Eventgraph „BP_Tutorial“

6.5.5 VIRTUELLES MUSEUM (MASTER_MUSEUM)

Für die Darstellung des „Architekturmodells“ in der Mitte des Museums musste „getrickst“ werden. (Abb. 6-19 bis Abb. 6-23) Dieses Modell stellt tatsächlich den selben „Sublevel“ dar, wie er auch für den virtuelle Besuch genutzt wird. (Level „Tempel“) Durch das Sublevel-System wird er im Level „Museum“ gela-

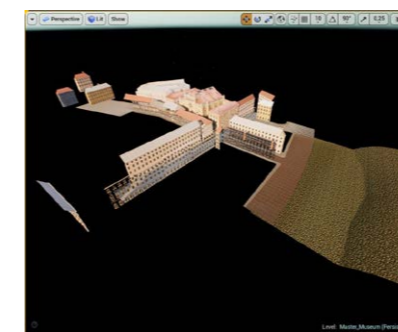


Abb. 6-19: Tempel, Fenster, Fenster-glas und Umgebung_Besuch eingeblendet

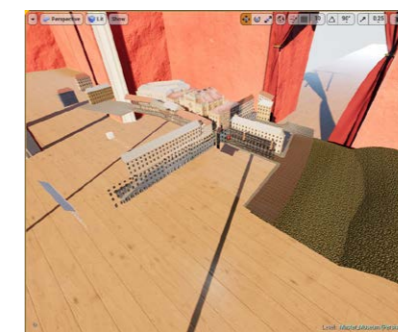


Abb. 6-20: Tempel, Fenster, Fenster-glas, Umgebung_Besuch und Ausstellungsraum eingeblendet



Abb. 6-21: Tempel, Fenster, Fenster-glas, Umgebung_Besuch, Ausstellungsraum, Umgebung_Tisch und Bebbauung_damals eingeblendet



Abb. 6-22: Tempel, Fenster, Fenster-glas, Ausstellungsraum, Umgebung_Tisch und Bebbauung_damals eingeblendet



Abb. 6-23: Sublevels „Master_Museum“



Abb. 6-24: Standard-Charakterwerte

den und um ein städtebauliches Holzmodell und einen Sockel erweitert. (Abb. 6-19 bis Abb. 6-22)
 Leider kann der ganze Level aber nicht einfach kleiner gemacht werden, daher wurde die Umgebung einfach im Verhältnis größer gemacht. Der Tisch in der Mitte entspricht ca. 140x100 m, der Nutzer selbst ist aber nun statt 1,8 m 1,8 km groß bzw. die umgebenden Räume rundherum mehrere Kilometer. Da alles vergrößert wurde, fällt dieser Trick nicht auf und es wirkt, als handle sich um ein Modell im Maßstab 1:100. Natürlich brachte es einige Probleme, wie z.B.: in der Bewegung des Charakters (siehe 6.6.2), der nun natürlich viel schneller gehen musste um die Größe zu kompensieren. Durch freigegebene Variablen konnten die jeweiligen Objektinstanzen aber für diese Größe leicht angepasst werden. (Abb. 6-24)

Am Modelltisch befindet sich ein Knopf, um zwischen damaliger und heutiger Bebauung zu wechseln. Dafür werden einfach die jeweiligen Sublevel ein- bzw. ausgeblendet. Wichtig ist auch, dass für die jeweilige Sublevelkombination ein eigenes Beleuchtungsszenario (C.1) existiert (in diesem Fall die Level Beleuchtung_Heute bzw Beleuchtung_damals, siehe Abb. 6-23), d.h.: es musste zweimal die Beleuchtung in Lightmass berechnet werden.

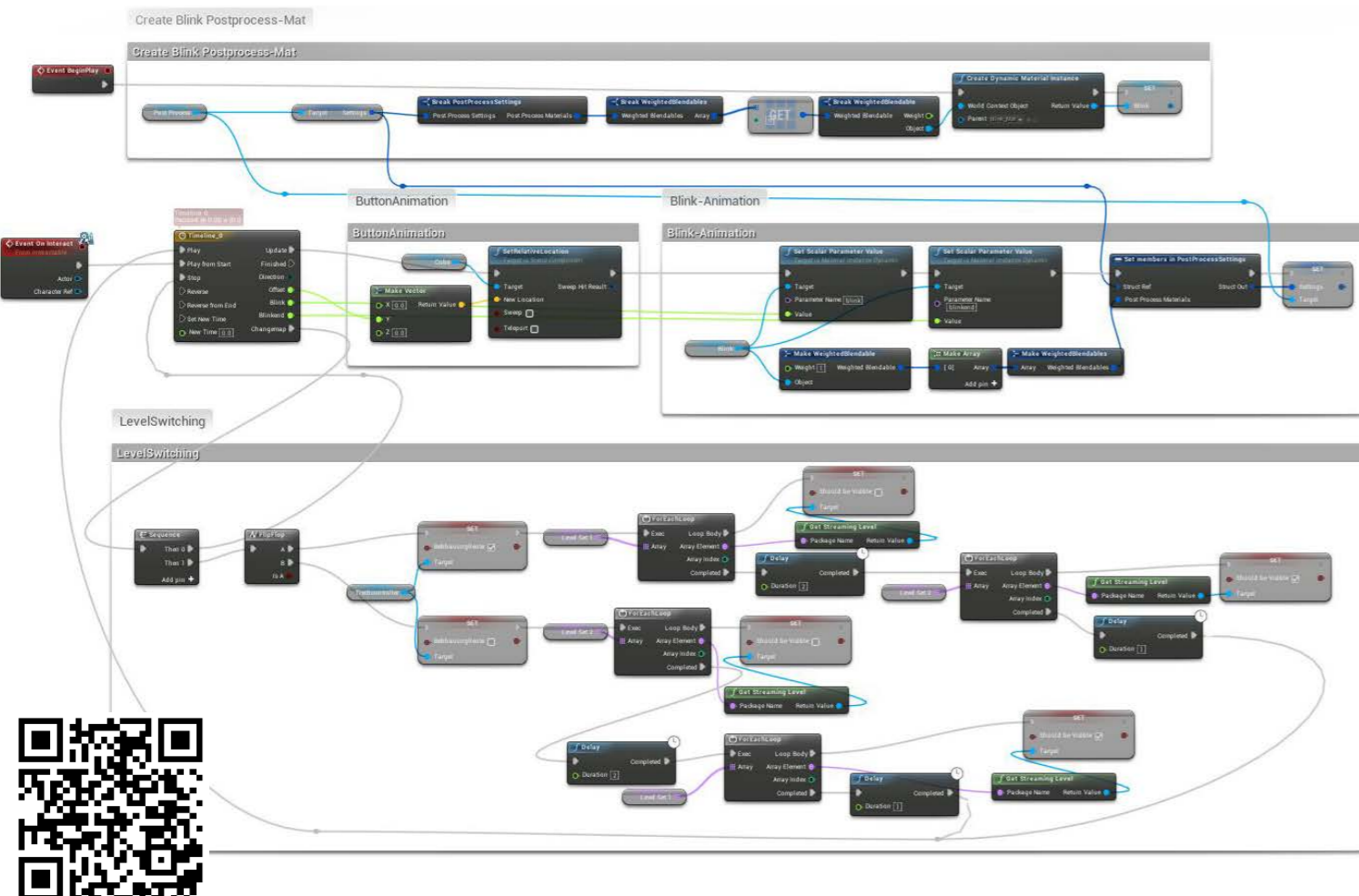


Abb. 6-25: BP_BauungsWechselknopf

Beim Klicken dieses Knopfes wird außerdem ein Postprocess-Material erstellt, welches ein "Blinzeln" eines Auges simulieren soll. Gesteuert wird diese Flipbook-Animation (5 Zeilen, 5 Spalten) durch den Parameter "Blink" des Materials, bzw. durch ein Timeline-Objekt.

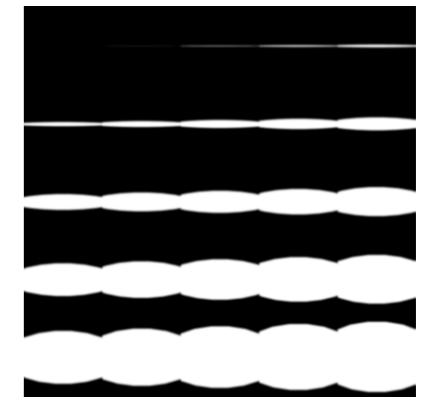


Abb. 6-26:Blinzeln-Textur

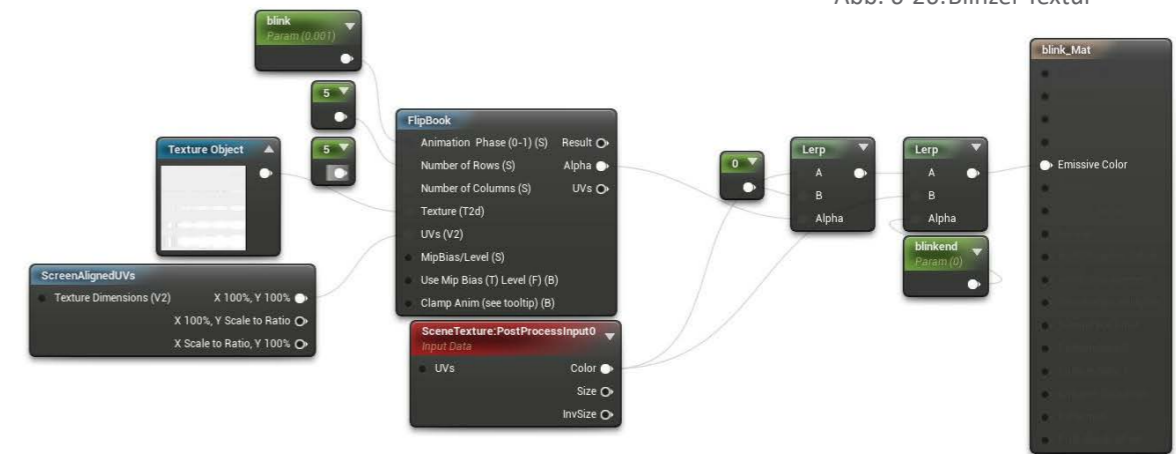


Abb. 6-27: Blinzeln-Postprocess-Material
 Alle Objekte, mit denen Interagiert werden kann sind Unterklassen (Childs) der Klasse „BP_InteractionParent“.

6.5.6 DER VIRTUELLE BESUCH (MASTER_VISIT)

Wie schon erwähnt, musste der Level in unterschiedliche Sublevels unterteilt werden, um an „Performance“ zu sparen. Als verbindendes Element zwischen Innen und Außen dient hier das Objekt Bp_Haupttor. Es lädt, je nachdem, ob sich der Nutzer innen oder außen befindet, die Innen- bzw. Außenbereiche und „teleportiert“ ihn an die richtige Stelle. Auch etwaige Postprocesseinstellungen nimmt dieses Objekt vor. So wird bspw. der ExposureBias von 0 auf 1 im Innenbereich gestellt, da es sonst zu dunkel ist. Um zu überprüfen, ob sich der Nutzer innen oder außen befindet wurde ein Objekt „Betreten-Controller“ erstellt, welches „mitschreibt“, wo sich der Nutzer gerade befindet. Dieses Objekt enthält aber nur eine einzige Variable (boolische Variable „IstDrinnen?“) und ist sonst ohne Funktion. Es wurde händisch im Level platziert und wird zum Start des Levels von allen Eingangstoren referenziert.

6.6 LEVELUNABHÄNGIGE LOGIK, OBJEKTE UND DIVERSES

Hier sollen die Klassen und Objekte gezeigt werden, welche mehrere Level betreffen bzw. in mehr als einem Level platziert wurden. Auch sonstige für den Ablauf der Visualisierung notwendige Schritte und für eine Architekturvisualisierung relevante Details sollen hier erläutert werden.

6.6.1 DIE „GAME-INSTANCE“

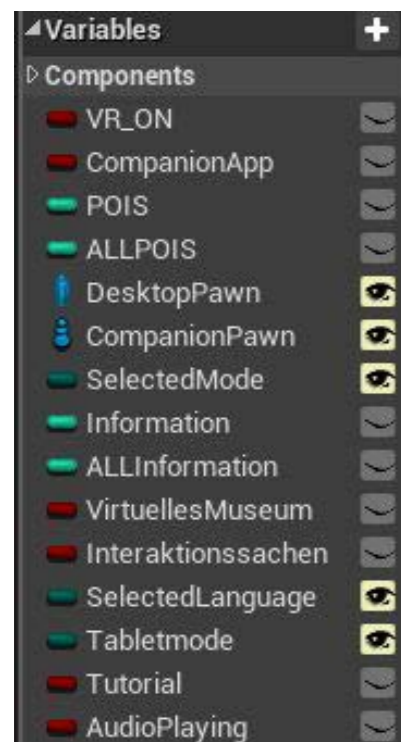


Abb. 6-29: Variablen GameInstance

Es war aufgrund der Einstellungsmöglichkeiten der Visualisierung notwendig, gewisse Variablen global abzuspeichern, denn normale Variablen werden beim Levelwechsel zurückgesetzt. Hier kommt die Klasse „GameInstance“ ins Spiel: Deren Variablen werden über die komplette Visualisierungsdauer hinweg beibehalten und bei einem Levelwechsel nicht zerstört. Wichtig ist dies z.B.: bei dem „Setup-Menü“ am Anfang. Die diversen boolischen Variablen bzw. der gewählte Steuerungsmodi werden so übernommen.

Ein Objekt dieser Klasse wird durch Rechtsklick in den Content-Browser erstellt (Blueprint -> Klasse Game-Instance). Danach muss das soeben erstellte Objekt noch in den Projekteinstellungen ausgewählt werden. (Maps & Modes -> Game Instance Class)

Anschließend kann in allen Klassen durch die Funktion GetGameInstance und einem „Cast“ zur eigenen GameInstance auf diese gespeicherten Variablen zurückgegriffen werden. (z.B.: auf die Enumeration (C.8.3) „SelectedMode“)

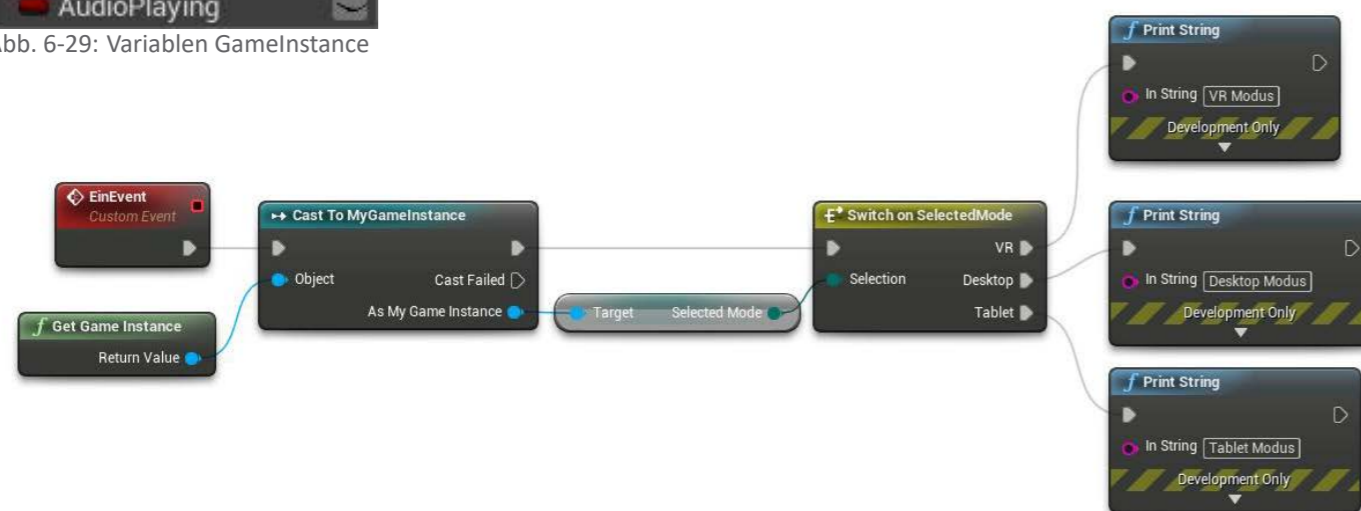


Abb. 6-30: „GameInstance“ Abruf-Beispiel

6.6.2 DER „CHARACTER“, DIE BEWEGUNG UND DAS NAVMESH

Da die Visualisierung verschiedene Eingabemöglichkeiten bietet, mussten alle Steuerungs-Eventualitäten beachtet werden. Eine Maussteuerung und eine Steuerung mit VR unterscheiden sich natürlich stark. Um aber nicht für jeden Modus einen eigenen Charakter erstellen zu müssen wurde nur eine Klasse (genannt „MultiCharacter“) erstellt, in welcher, je nach gewünschten Steuerungsmodi, verschiedene Funktionen abgerufen werden.

Bei der Initialisierung des Objektes (beim Ladeprozess des Levels) wird hier die vorher erklärte „Game-Instance“ abgefragt, welcher Modus denn gewählt wurde. So können dann, basierend auf dieser Entscheidung, unterschiedliche Prozesse ausgeführt werden und z.B.: beim Start die richtige Kamera ausgewählt werden. Diese Klasse hat zwei Kameras, da der VR-Modus eine eigene „VR-Kamera“ benötigt.

Die Implementierung der Eingabe selbst war ein Leichtes, denn es mussten nur die verschiedenen Eingabemöglichkeiten in den Projekteinstellungen festgelegt (Input -> Bindings) werden. Dadurch konnten die jeweiligen Steuerungs-relevanten Events (z.B.: InputAxis Events) im Eventgraph erstellt werden.

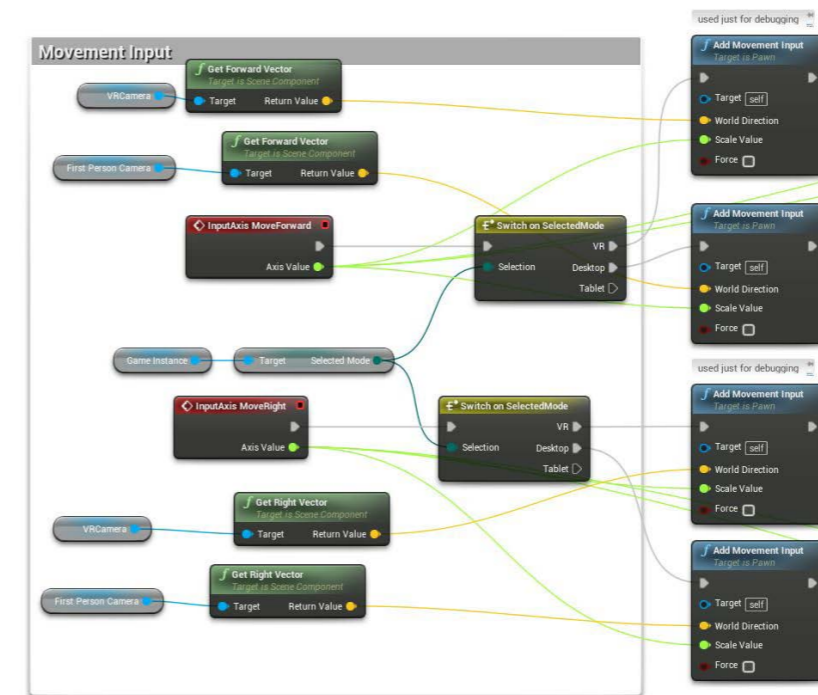


Abb. 6-32: Input-Events

Die Bewegung und das Navmesh (C.11)

Mithilfe einiger „Nav Mesh Bounds“-Objekte wurde der begehbare Ort in allen Levels eingegrenzt. In den Projectsettings -> Navigation System wurden außerdem zwei Agents erstellt: „Character“ und „Biggi“. Der Agent „Character“ dient für die Navmesh-Erstellung in den Standardleveln, der Agent „Biggi“

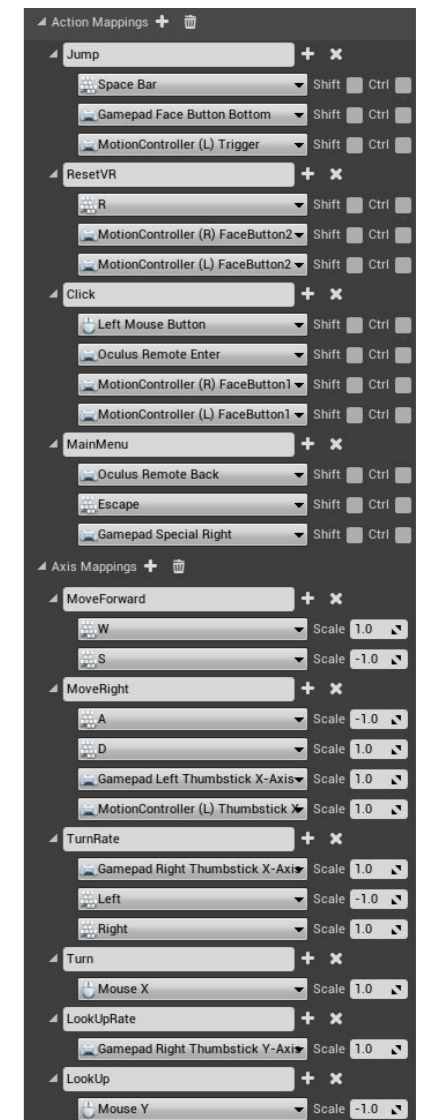


Abb. 6-31: „Mappings“



für die Namesh-Erstellung im Masterlevel Master_Museum - denn, wie bereits erklärt, ist dieser Level eine optische Täuschung und in Wirklichkeit mehrere Kilometer groß, was natürlich auch der Agent widerspiegeln muss.

Im Eventgraph des Charakters (Klasse „MultiCharacter“) erfolgt mithilfe eines Traces (Raycast) (C.8.7) eine Überprüfung, ob der fokussierte Ort betreten werden darf. Hierfür wird der getroffene Ort (Punkt/Vektor) mithilfe der Node „ProjectPointToNavigation“ mit dem „Navmesh“ abgeglichen - liegt er innerhalb der maximal angegebenen Abweichung, wird ein positives Ergebnis zurückgegeben. (Abb. 6-33)

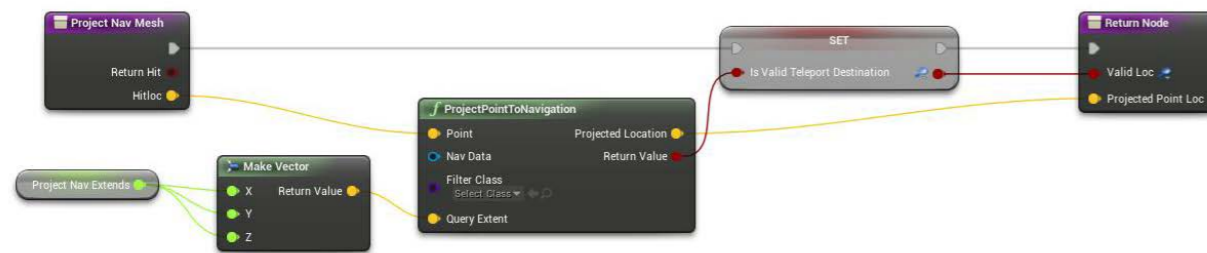


Abb. 6-33: Punkt auf Navmesh

Somit hängt es nun vom gewählten Steuerungsmodus ab, wie die Bewegung zu dem gewünschten Ort erfolgt: Im Desktop- sowie Tabletmodus wird, nach der Nutzereingabe „Click“ (z.B.: Mausklick), der Node „Move to Location“ benutzt, um das Gehen des Charakters zu simulieren. Der einzutragende Vektor „Location“ ist der auf das Navmesh projizierte Punkt. Die Geschwindigkeit der Bewegung ist dabei von den eingestellten Werten im „Movement-Component“ des Charakters abhängig. Im VR-Modus wiederum wird eine Teleportfunktion genutzt, um Übelkeit vorzubeugen. Hierfür erfolgt ebenso die Navmesh-Abfrage, gefolgt von einem „Teleport“-Node. Jedoch muss von dem Vektor der gewünschten Destination noch die Lokalisation in Relation zu den Sensoren abgezogen werden, denn die Bewegung in VR verläuft unabhängig von der Bewegung des Charakters - bewegt man sich physisch in Wirklichkeit bewegt sich virtuell nur die VR-Kamera, nicht das Objekt „Charakter“ selbst. Würde man diese Werte nicht abziehen, könnte es passieren, dass man plötzlich in einer Wand steckt.

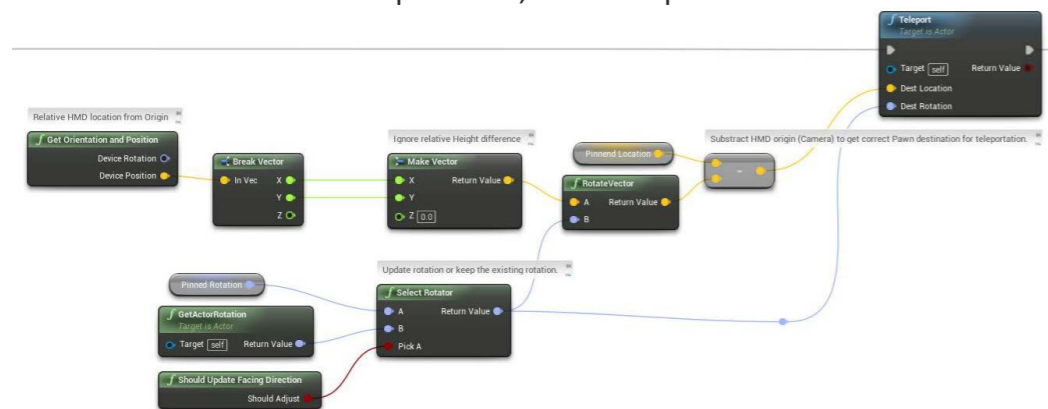


Abb. 6-34: VR-Teleport

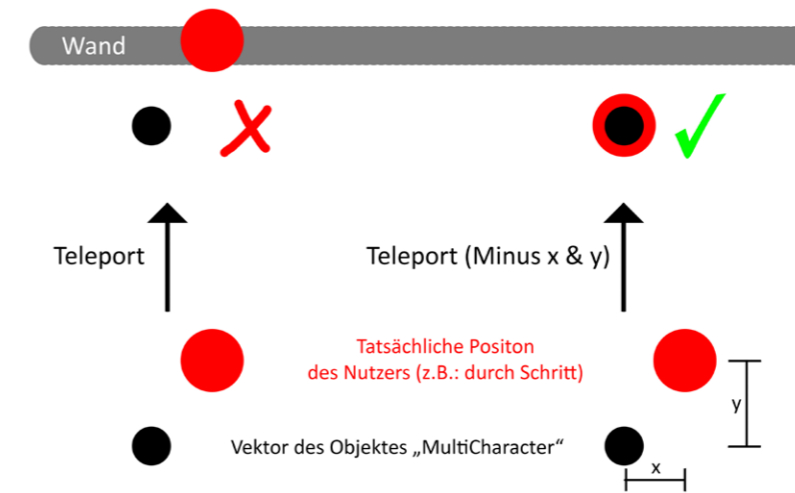


Abb. 6-35: VR-Teleport Diagramm

6.6.3 INTERAKTION

Die für die Interaktion wichtigen Prozesse werden teils im Charakter selbst, teils in dem Interaktionsobjekt ausgeführt. Dies hat folgenden Grund: Nicht jedes Objekt kann andauernd fragen, „fokussiert der Nutzer gerade mich?“, ein einziger Charakter aber kann sagen „ich fokussiere gerade Objekt XYZ.“ - D.h.: es wird nur ein „Sender“ (Charakter) benötigt, alle anderen „Receiver“ (Interaktionsobjekte) warten nur auf das Signal.

Somit werden auch die (bereits für die Bewegung genutzten) rechenintensiven „Traces“ effektiv genutzt, da es ein Einfaches ist, getroffenen Objekte zu referenzieren und auf eine mögliche Interaktionsmöglichkeit zu überprüfen.

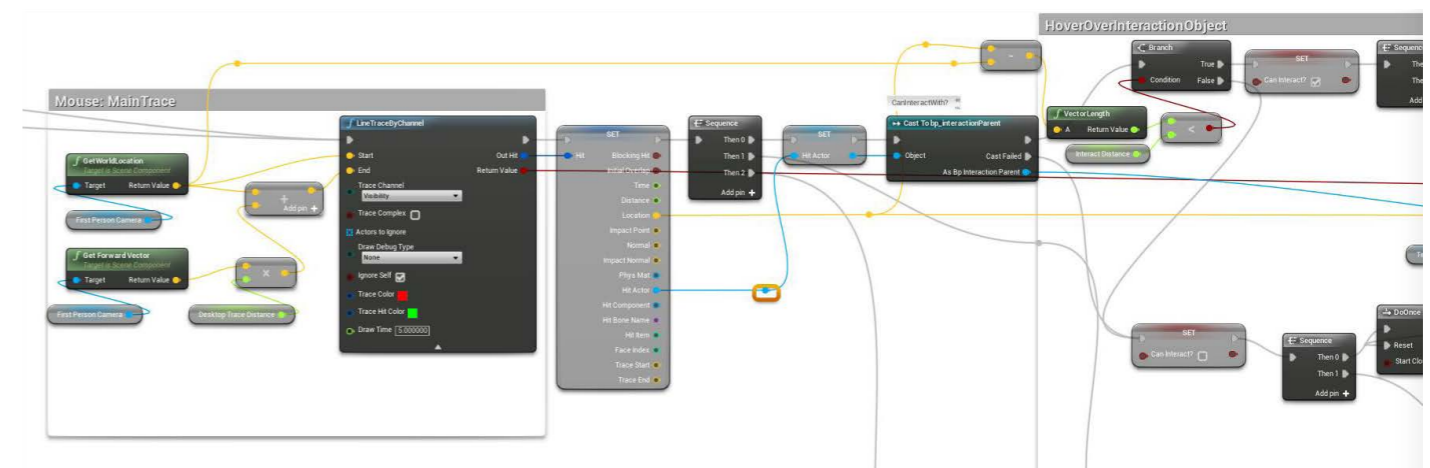


Abb. 6-36: Linetrace und Überprüfung auf Interaktionsmöglichkeit

Für diese Überprüfung gibt es verschiedene Möglichkeiten, folgende stellt nur eine einzige, aber recht elegante Lösung dar (Abb. 6-36): Jedes Objekt, mit welchem interagiert werden soll, besitzt als „Parent“ die Klasse „bp_InteractionParent“. In dieser Über-Klasse werden die Events OnInteraction, OnRelease, OnHover und OnHoverLeave erstellt. Im Charakter wird der Haupt-Trace dann genutzt, um mithilfe eines „Casts“ festzustellen, ob das betrachtete Objekt der Klasse „Bp_InteractionParent“ angehört. Das Ergebnis dieser Abfrage wird dann als boolische Variable „CanInteract?“ gespeichert und das ange-

schaute Objekt als „Hit-Object“ zwischengespeichert. Das positive Ergebnis wird dann weiterverwendet, um z.B.: den Text „Interagieren“ anzeigen zu lassen, der ein Komponent des Charakters ist. Gleichzeitig wird durch das Event „OnHover“ dem Objekt selbst mitgeteilt werden, dass es soeben angeschaut wird und z.B.: ein Leuchten des Gegenstandes ausgelöst. Sollte der Nutzer dann ein das Input Event „Click“ etwa durch das Betätigen der linken Maustaste auslösen, wird in dem angeschauten Objekt („Hit-Object“) das Event „OnInteract“ bzw. die darin definierten Prozesse ausgelöst. Somit wäre die „Sender“ Seite abgeschlossen und es kann sich der „Receiver“ Seite gewidmet werden:

Etwaige Interaktionsobjekte sind wie erwähnt immer „Childs“ (eine Unterklasse) der Klasse „bp_InteractionParent“. Dadurch kann in ihrem Eventgraph auch automatisch die Funktion „OnInteract“ aufgerufen werden. Diesem Event werden dann all die gewünschten Funktionen angehängt, welche bei der Interaktion stattfinden sollen. Beispielhaft soll hier so ein Objekt betrachtet werden, ein Text an der Wand (Objekt „WandtextBetrachter“) im virtuellen Museum:

Hier erfolgen nach der Interaktion ein sanfter Übergang von der Charakter-Kamera zu einer in der Szene platzierten und im Objekt selbst referenzierten Kamera. Sollten noch weitere Kameras zur Verfügung stehen, kann per Klick zwischen diesen Perspektiven gewechselt werden, solange bis alle referenzierten Kameras benutzt wurden. Danach wird wieder in die Kamera des Charakters geblendet.

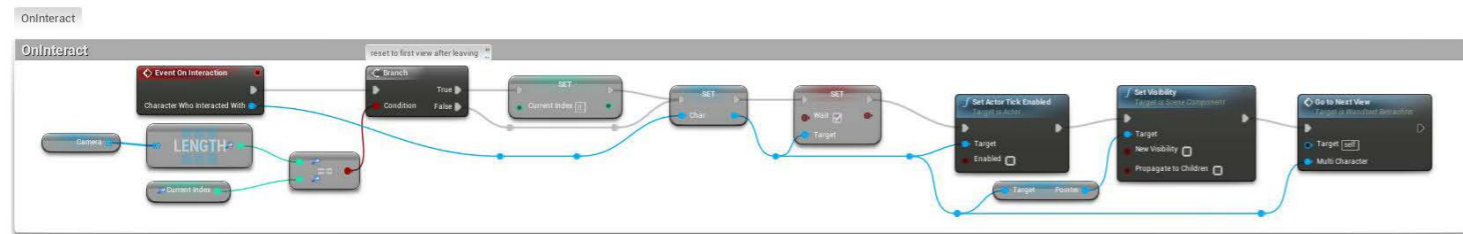


Abb. 6-37: WandtextBerachter, OnInteract Event

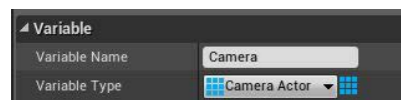


Abb. 6-38: Kamera-Array

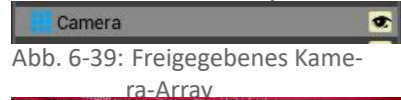


Abb. 6-39: Freigegebenes Kamera-Array



Abb. 6-40: eine Kamera in der Welt

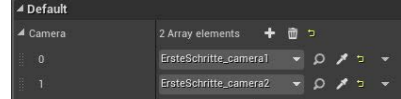


Abb. 6-41: Kameras referenziert

Das Objekt „WandtextBetrachter“ hat ein freigegebenes Array des Typs „Camera“. (Abb. 6-38 bzw. Abb. 6-39) Die Kameras werden händisch in der Welt platziert. (Abb. 6-40) und in den Details des platzierten Objektes (im Array) manuell referenziert (Abb. 6-41). Eine Variable des Types „Integer“ dient derweil als Index. Für den Kamerawechsel selbst wird der Node „Set View Target with Blend“ verwendet, welcher die Positon der alten Kamera und der Neuen interpoliert. Da dies in VR zu Übelkeit führen würde, wird hier das Bild vorher Schwarz bzw. durch die Blenddauer von 0 Sekunden in die neue Kamera teleportiert. Der Index wird pro Klick um Eins schrittweise erhöht - so wird die entsprechende Kamera aus dem Array ausgewählt. Sollte der Index die Länge des Arrays selbst erreichen, wird wieder in die Kamera des Charakters geblendet und die Steuerung wieder erlaubt. Die Nutzereingabe im Charakter ist außerdem zeitweise durch die Variable „Wait“ unterbrochen, das Klicken

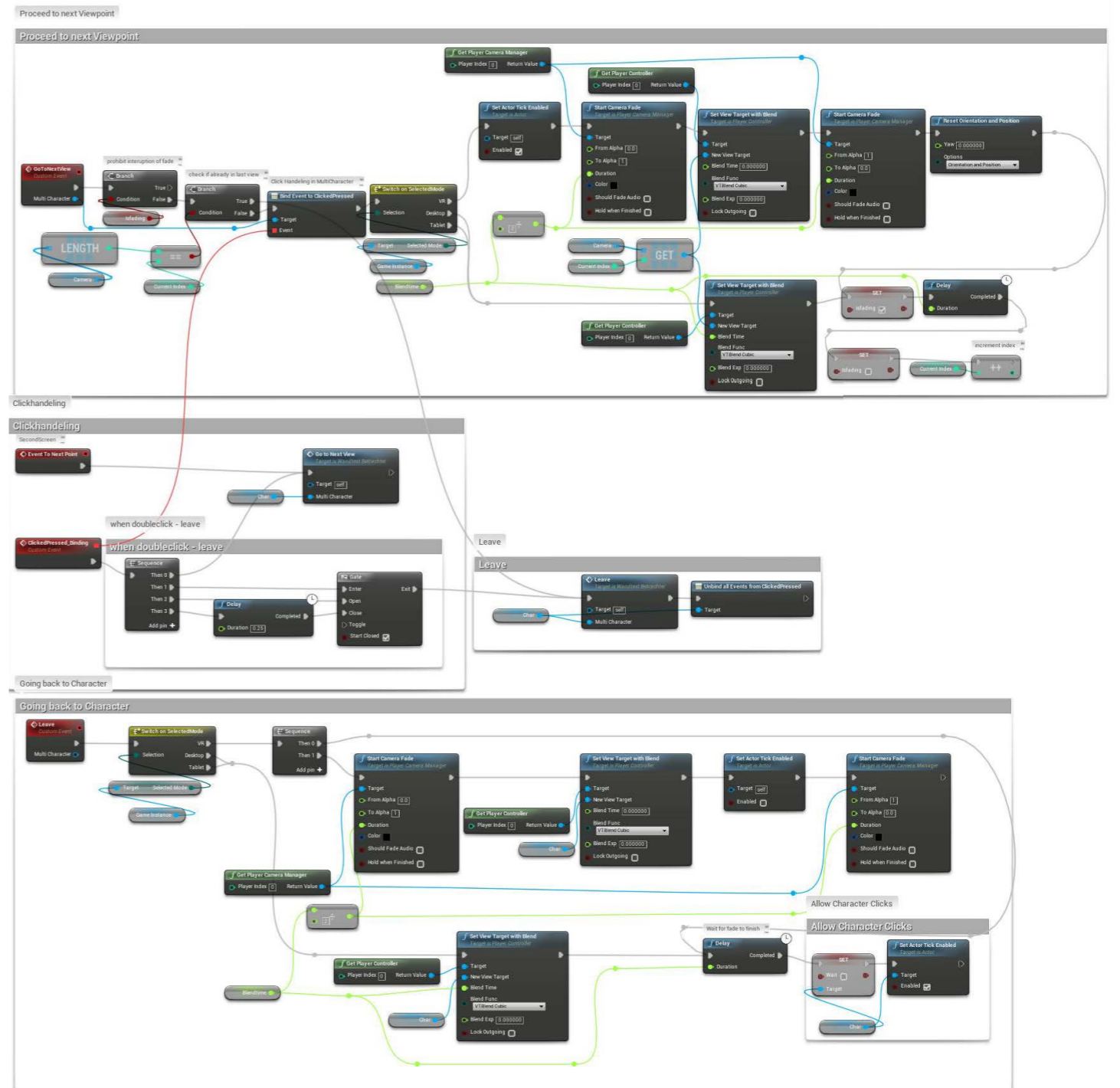


Abb. 6-50: WandtextBerachter, restlichen Events

selbst wird aber durch das Binden an den EventDispatcher „ClickedPressed“ trotzdem weitergegeben, da es vor dieser Variable aufgerufen wird.

Alle Interaktionsobjekte funktionieren so ähnlich, sie werden nur um eingeblendete Bilder erweitert.

6.6.4 BP_LOADINGMAP

Dieses Objekt ist für die Anzeige des Ladeprozesses zuständig. Es nutzt aber das Sublevel-System und ist daher eher eine Visualisierung des Ladevorgangs der Sublevel, als ein „echter“ Ladebildschirm zwischen den Levelwechseln - da sich das Objekt „bp_loadingmap“ selbst in einem Masterlevel befindet, muss dieser bereits geladen sein bevor der Ladebildschirm angezeigt werden kann - da sich aber nur sehr wenige Objekte in den Masterleveln selbst befinden, passiert dies beinahe ohne zusätzliche Verzögerung und ist daher nicht wirklich von einem „echten“ Ladebildschirm zu unterscheiden, welcher viel schwerer herzustellen wäre. Die Funktionsweise ist wie folgt: Im Prinzip ist es ein Array der zu ladenden Sublevel. Die gewünschten Level werden händisch eingetragen in der platzierten Instanz in der Welt. Nach und nach werden diese Sublevel geladen aber unsichtbar belassen - nach jedem geladenen Sublevel spielt die Animation etwas weiter. Erst nachdem alle Sublevels geladen sind werden sie eingeblendet und in die Perspektive des „Charakters“ gesprungen bzw. die Eingabe des Nutzers erlaubt. Auch wird für etwaige Funktionen, welche normalerweise zu „BeginPlay“ gestartet werden sollen, ein eigenes Event ausgegeben („Loaded“).



Abb. 6-42: Level-Blueprint, Event Loaded

6.6.5 LOKALISATION

Da die Visualisierung auch international funktionieren sollte, wurde zusätzlich zur deutschen Lokalisation auch eine Englische hinzugefügt.

Hierfür waren zwei Methoden notwendig: Erst musste das „Localisation-Dashboard“ (experimentelles Feature) in den Einstellungen aktiviert werden. In diesem „Dashboard“ werden dann alle als „lokalisierbar“ angegebenen Strings-, Namen- und Textvariablen analysiert und können anschließend für die jeweilige Sprache (in diesem Fall Englisch) übersetzt werden. Abschließend muss die neue Lokalisation kompiliert werden. Der Nachteil dieser Arbeitsweise ist, dass keine „multi-line“ Variablen (Texte über mehrere Zeilen) erstellt werden können.

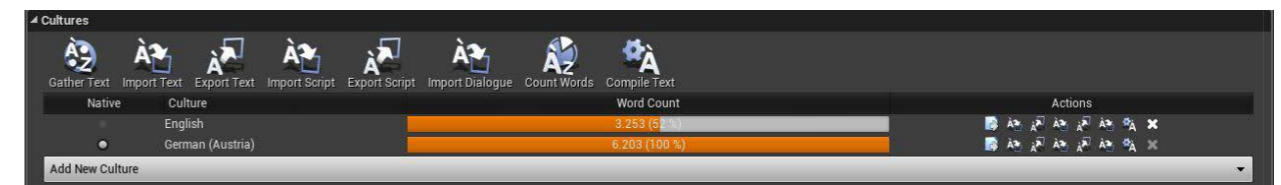


Abb. 6-43: Localization-Dashboard

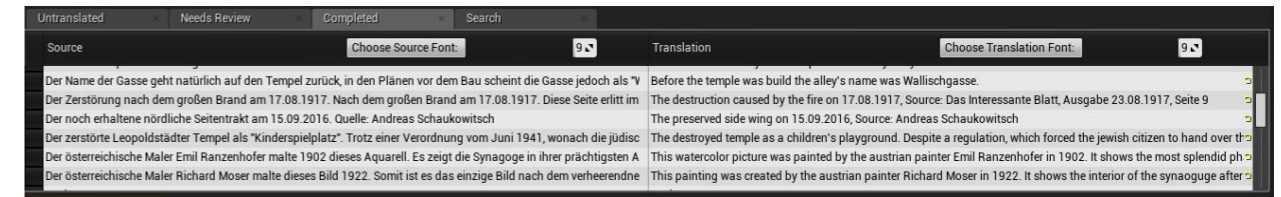


Abb. 6-44: Localization-Dashboard, Übersetzung

Zur Lösung dieses Problems wurde eine Enumeration „Language“ erstellt und als Variable in der GameInstance-Klasse hinzugefügt. Diese Enumeration enthält die zwei Auswahlmöglichkeiten „English“ bzw. „Deutsch“. Diese Variable in der GameInstance wird dann am Anfang (BeginPlay) einer jeden Szene in den jeweiligen Objekten (z.B.: Text an der Wand) abgefragt und abhängig von der Auswahl verschiedene Textvariablen angezeigt. (Text_Deutsch, Text_English). Um die Arbeit mit diesen Texten bzw. die Formatierung derselbigen zu erleichtern, muss der Text auch in der Editorumgebung angezeigt werden - daher wird der Text auch im Construction-Script geändert.

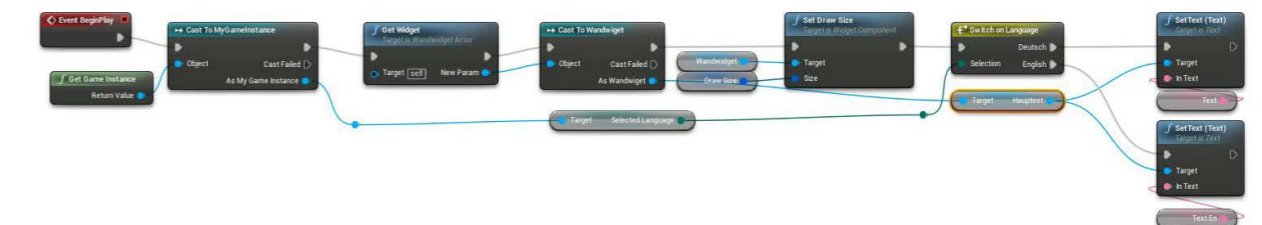


Abb. 6-45: Sprache umstellen (in Runtime)



Abb. 6-46: Sprache umstellen (im Editor)

Ausgewählt wird die jeweilige Lokalisation nach dem Intro. Durch das Klicken der jeweiligen Fahne wird mithilfe des Nodes „Set Current Culture“ die Sprachregion „de-At“ oder „En“ ausgewählt. Dadurch werden die einzeiligen Texte lokalisiert. Um jedoch auch die längeren Texte zu übersetzen wird auch die gewollte Sprache in der Variable in der GameInstance ausgewählt.

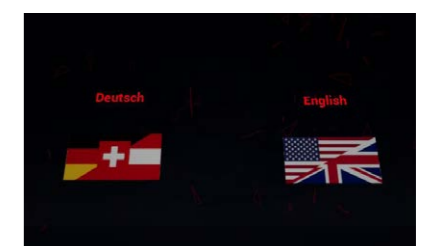


Abb. 6-47: Sprachauswahl nach Intro

6.7 PLUGINS

Im Unreal Marketplace werden auch nützliche Plugins und Assets für eine Architekturvisualisierung angeboten. So muss nicht jedes kleine Detail selbst erstellt oder programmiert werden. Insgesamt wurden vier Plugins erworben, welche aber auch für die tägliche Arbeit des Verfassers benötigt werden.

„PhotoMode“ von Ruslan Nazirov wird für Screenshots innerhalb der App benutzt. Mittels der Taste „F“ wird ein Menü geöffnet, wo diverse Parameter eingestellt werden können bzw. in einen fliegenden, frei beweglichen Charakter gewechselt. (Abb. 6-51)

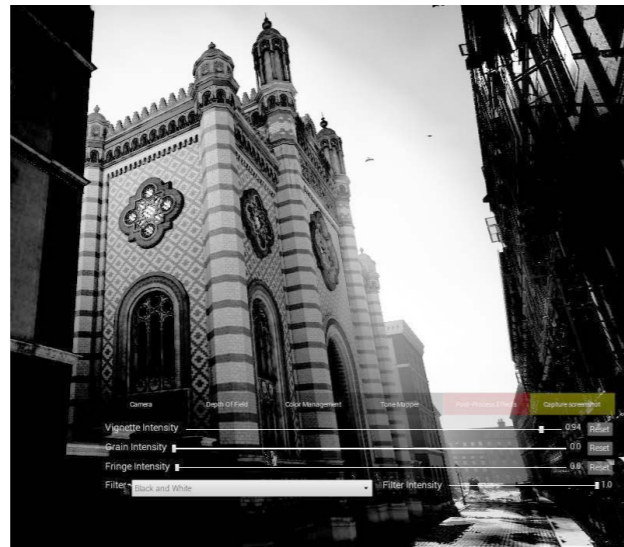


Abb. 6-51: „Photo-Mode“, „Black and White“-Filter

„ArchViz Camera (Fantastic-Perspective)“ von Azaz Kamaz wird für die Simulation eines „Tilt-Shift-Objektives“ genutzt (beseitigt die stürzenden Linien der Zentralperspektive). Diese Funktion wurde in das Menü des vorher genannten PhotoModes integriert. (Abb. 6-52)

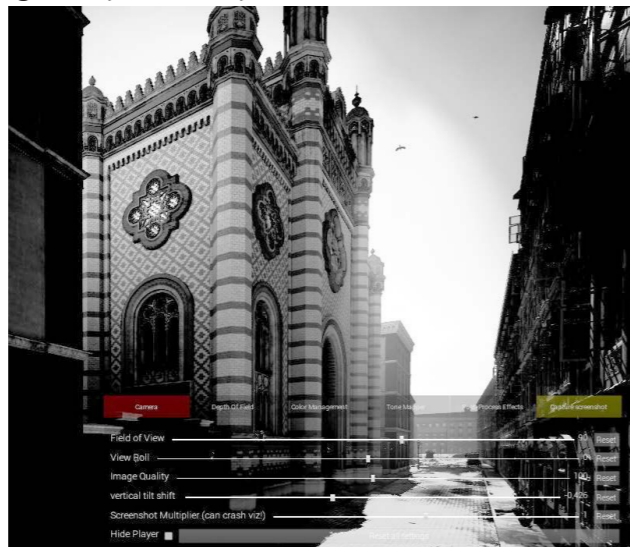


Abb. 6-52: Die selbe Perspektive wie Abb. 6-52, jedoch mit „Vertical-Tilt-Shift“

„Instancetool“ von Mary Nate war essentiell für den VR-Mode, denn hierfür war eine starke Optimierung notwendig. Mit diesem Plugin können gleiche Modelle (z.B.: modulare Elemente wie ein Sitzbankmittelteil) als „InstancedStaticMeshes“ zu einem Objekt zusammengefasst werden. Somit werden weniger „Draw-Calls“ benötigt) Da das Modell der Synagoge stark modular ist, reduzierte dieses Plugin die Renderingdauer eines Bilds stark. (Abb. 6-49)

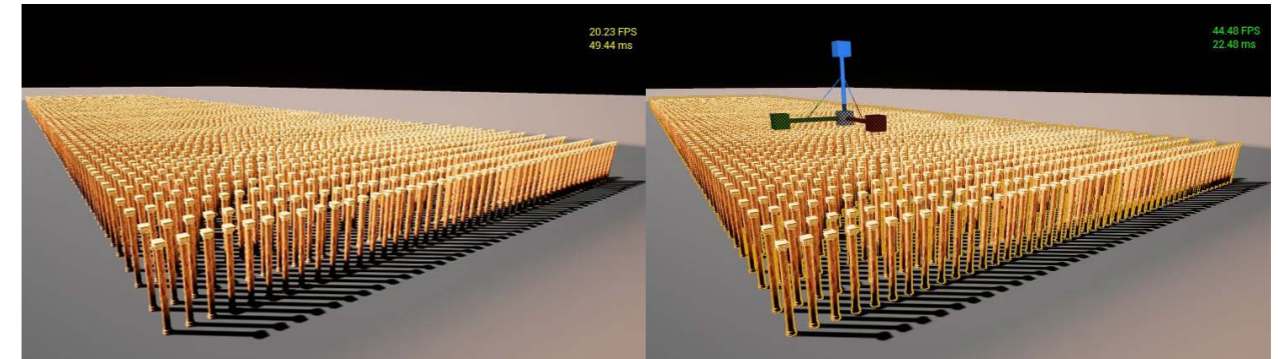


Abb. 6-48: 4800 einzelne Objekte

Abb. 6-49: Ein „InstancedStaticMesh-Actor“

„HorizionUI Plugin“ von horizon studio wird für die Widgets des Tutorials benötigt. (Abb. 6-53) Es ermöglicht bunte, animierte Textfelder mittels einfachen „Tags“, ähnlich HTML, z.B.: <text color="#FF000000">Dieser Text ist Rot</text>



Abb. 6-53: Ein Tutorial-Widget, markiert ist ein „Horizon-Dialogue-MSG-Text-Block“



Abb. 6-54: Details des Text-blocks

6.8 ERGEBNISSE

Nach dem „packaging“ des Projekts ist die Visualisierung als eigenständige .exe-Datei ausführbar.

Nachfolgend die interaktive Visualisierung anhand einiger Screenshots:



Abb. 6-55: Tutorial



Abb. 6-58: Audiokommentare beim virtuellen Besuch



Abb. 6-56: Virtuelles Museum

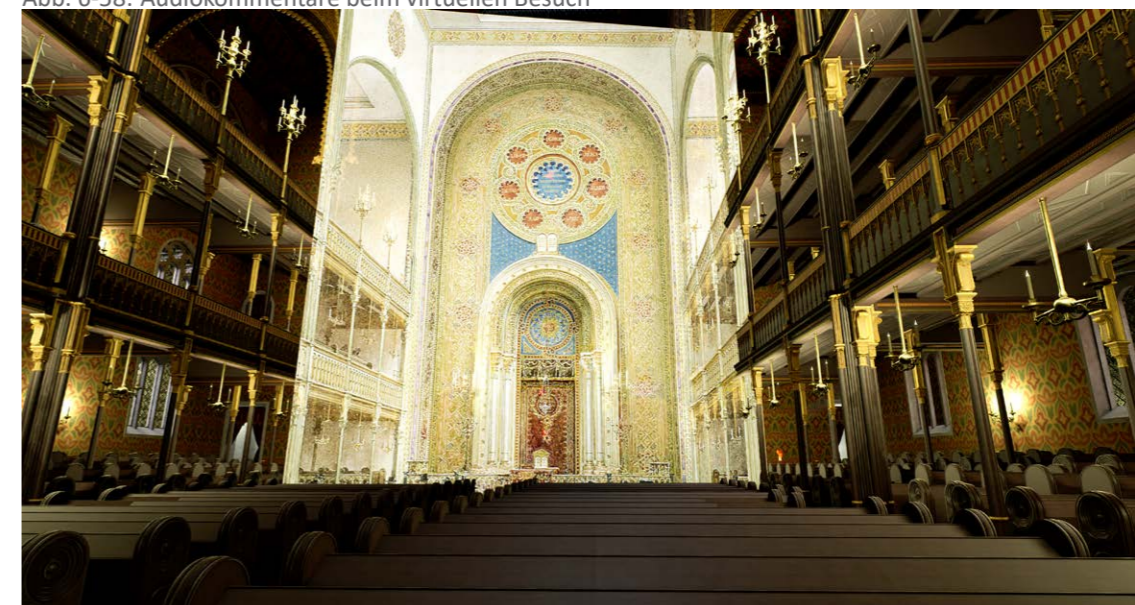


Abb. 6-59: Dynamisch eingeblendete Dokumente

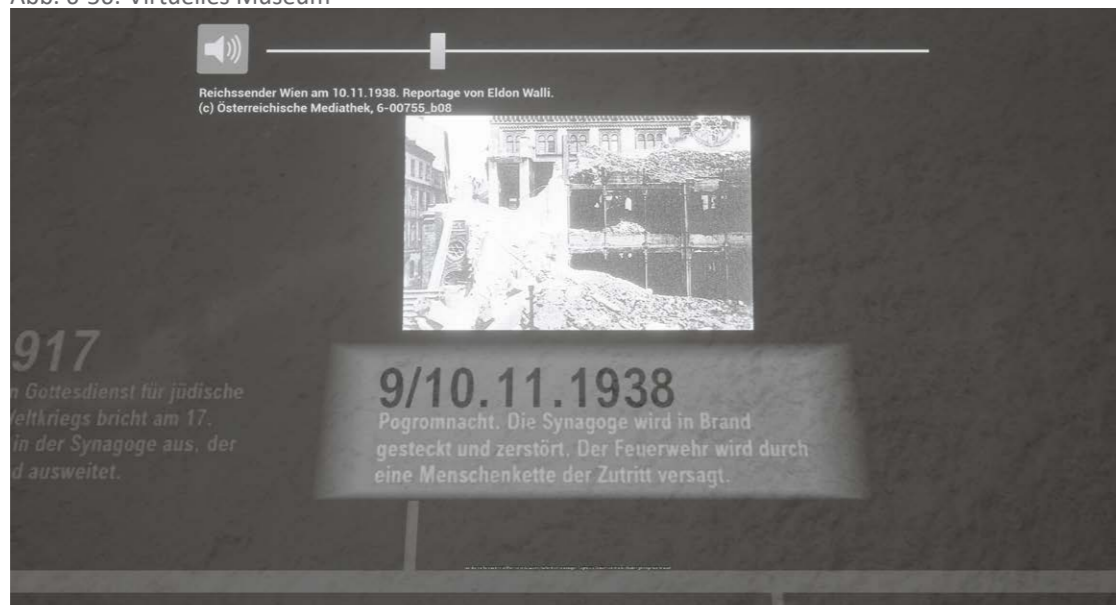


Abb. 6-57: Zeitleiste im Museum



Abb. 6-60: Dynamisch einblendende Dokumente 2



Abb. 7-1: Straßenfassade in Archicad

7. ARTLANTIS VISUALISIERUNG

Den Hauptteil dieser Arbeit abschließend soll kurz auf die Visualisierung in Artlantis eingegangen werden. Diese Software wird seit Jahren für die Visualisierung der Synagogenrekonstruktionen verwendet und wurde dem Verfasser für die Ausführung der „traditionellen“ Offline-Visualisierung ans Herz gelegt.

7.1 BEMERKENSWERTES

Für den Verfasser dieser Arbeit war diese Software neu. Daher war nicht bekannt, inwiefern sie mit der - doch im Architekturkontext noch ungewöhnlichen - Arbeitsweise kompatibel sein wird. Erste Tests stimmten positiv, im Endeffekt war es dennoch komplizierter und umständlicher als gedacht, da Artlantis eher als „One-Click“ Lösung für klassische BIM-Visualisierungen gesehen werden kann - das in dieser Arbeit erstellte Modell ist aber eher als „Hybrid“ zu bezeichnen. Es ist verständlich, dass der Hersteller den Austausch zwischen ArchiCAD und Artlantis möglichst einfach machen möchte - dies ist auch gut so, denn für moderne Architektur ist dies sicherlich ein extremer Zeitgewinn. Für Objekte, welche aber nicht nativ in ArchiCAD erstellt wurden, bewirkt es eher das Gegenteil. Mit guter Kenntnis des Programmes (bzw. der beiden Programme) lassen sich dennoch tolle Ergebnisse erzielen, wie man an der Arbeit vieler Forschungskollegen sehen kann. Ein tieferer Zugriff abseits von ein paar Reglern in die Visualisierung wäre aber gerne gesehen, denn das Programm versucht, nach Erfahrung des Verfassers, zu viel zu vereinfachen. Einzigartige Texturkoordinaten lassen sich zwar nutzen, jedoch nur durch den Import externer Objekte. Dadurch mussten einige Elemente erst gelöscht werden, um sie danach erneut, aber diesmal mit entsprechenden UV-Koordinaten, welche in 3ds-Max erstellt wurden, zu importieren, was extrem umständlich ist.

Auch die Shader-Erstellung (Materialien) scheint für heutige Maßstäbe ungenügend. Zwar nutzt auch Artlantis eine physikalisch-korrekte Renderingengine, jedoch können die typischen, für das „Physical-Based-Rending“ genutzten standardisierten Texturen nicht in Artlantis genutzt werden - so kann bspw. einer Textur nicht zugewiesen werden, an welcher Stelle sie metallisch wirken soll. Artlantis setzt hier eine strikte Material-Trennung voraus.

Da auf Grund oben genannter Arbeitsweise bzw. aufgrund des bereits zu komplexen ArchiCAD-Modells, Wände bzw. Wandmalereien nicht in einzelne Materialien bzw. Farben unterteilt werden konnte, (die Aufteilung erfolgt über Texturen und Masken) zeigt sich hier daher ein viel einfachere Bild als in der

Unreal-Visualisierung. Auch die Verwendung unterschiedlicher Begriffe als in anderen Software-Suites sorgt für Verwirrung. Artlantis ist unkompliziert und erstellt schnell sehenswerte Ergebnisse, jedoch stößt man relativ schnell auf schwer überwindbare Grenzen. Hier ist die Konkurrenz wie z.B.: V-Ray deutlich flexibler. Für den weiteren Lauf der Forschungsarbeiten legt der Verfasser dieser Arbeit daher die Verwendung einer modernen Renderinglösung wie V-Ray ans Herz, auch die gewünschte Archivierbarkeit ist hier sicherlich gegeben.

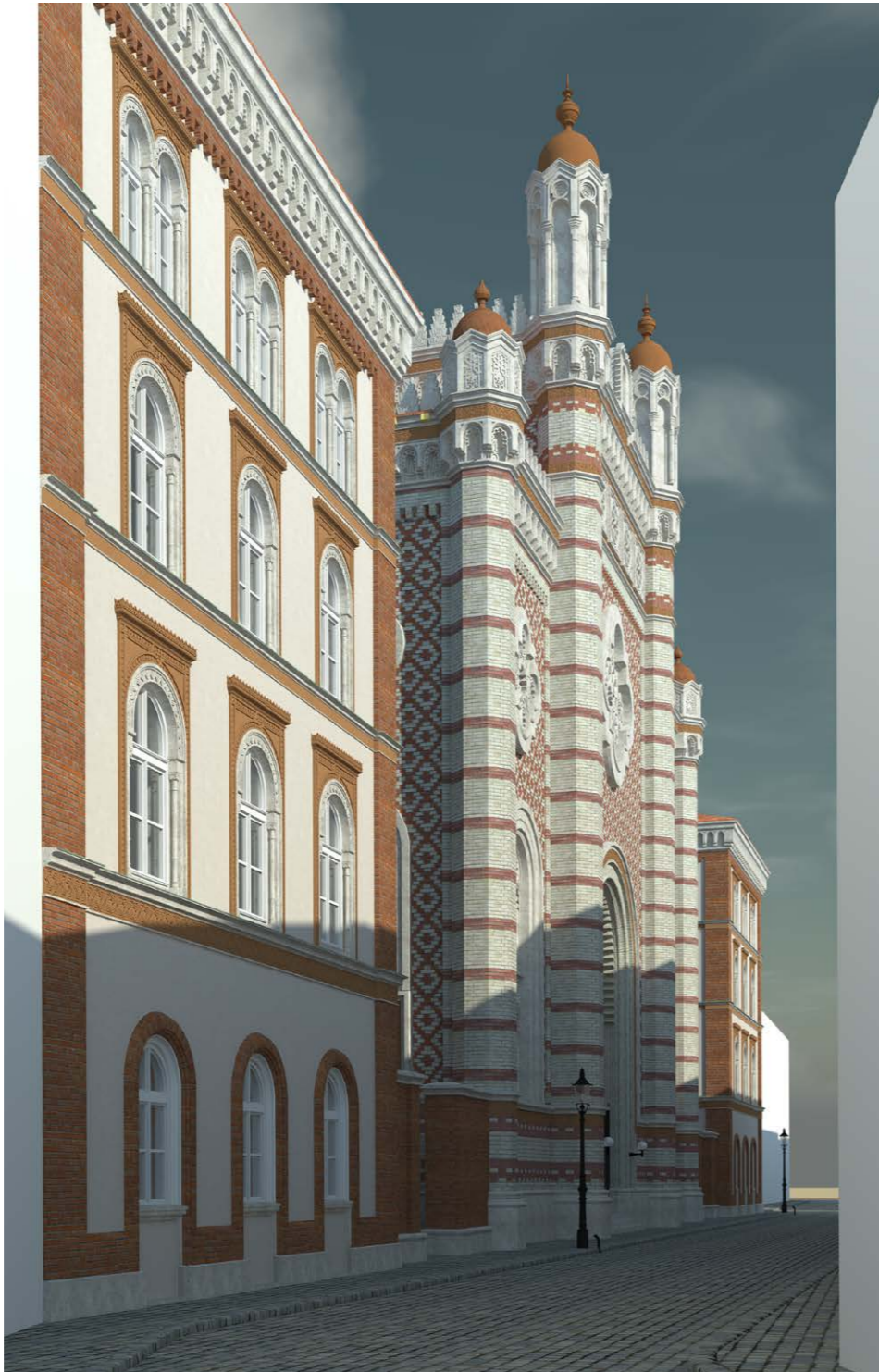


Abb. 7-2: Straßenansicht Norden Artlantis

7.2 ERGEBNISSE UND VERGLEICH MIT DER UNREAL-VISUALISIERUNG

Während im Außenraum ansprechende Ergebnisse erzielt werden konnten, werden im Innenraum die Nachteile der Arbeitsweise im Zusammenhang mit diesem Programm sichtbar. So können z.B.: die „einzigartigen“ Materialien (unterschiedlichen Materialeigenschaften (metallisch/nichtmetallisch in einem Material!)) nicht korrekt dargestellt werden.



Abb. 7-3: Straßenansicht Norden Unreal

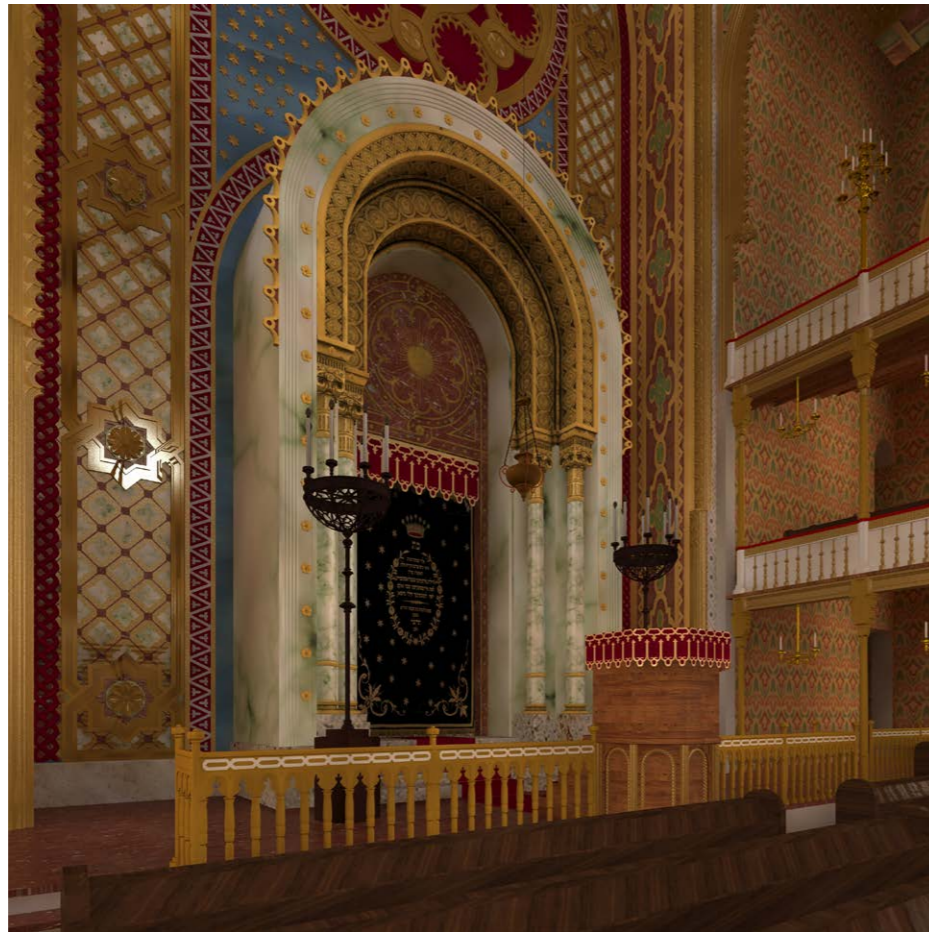


Abb. 7-4: Heilige Lade Artlantis

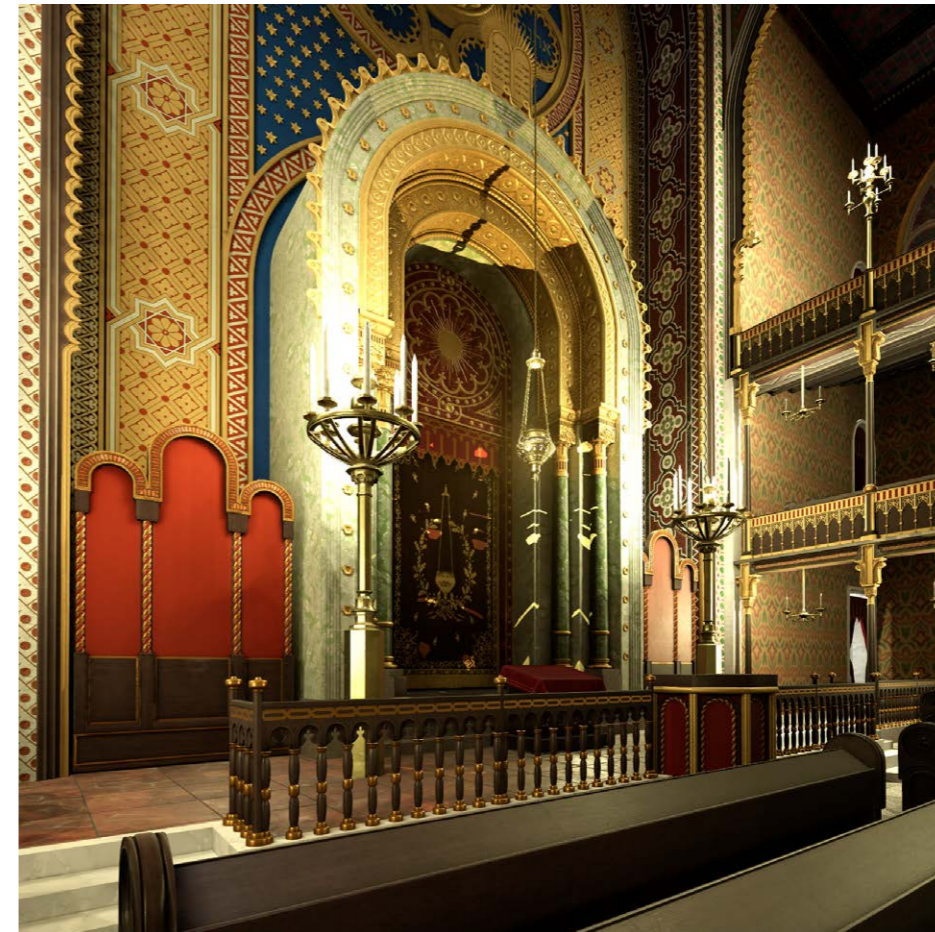


Abb. 7-6: Heilige Lade Unreal

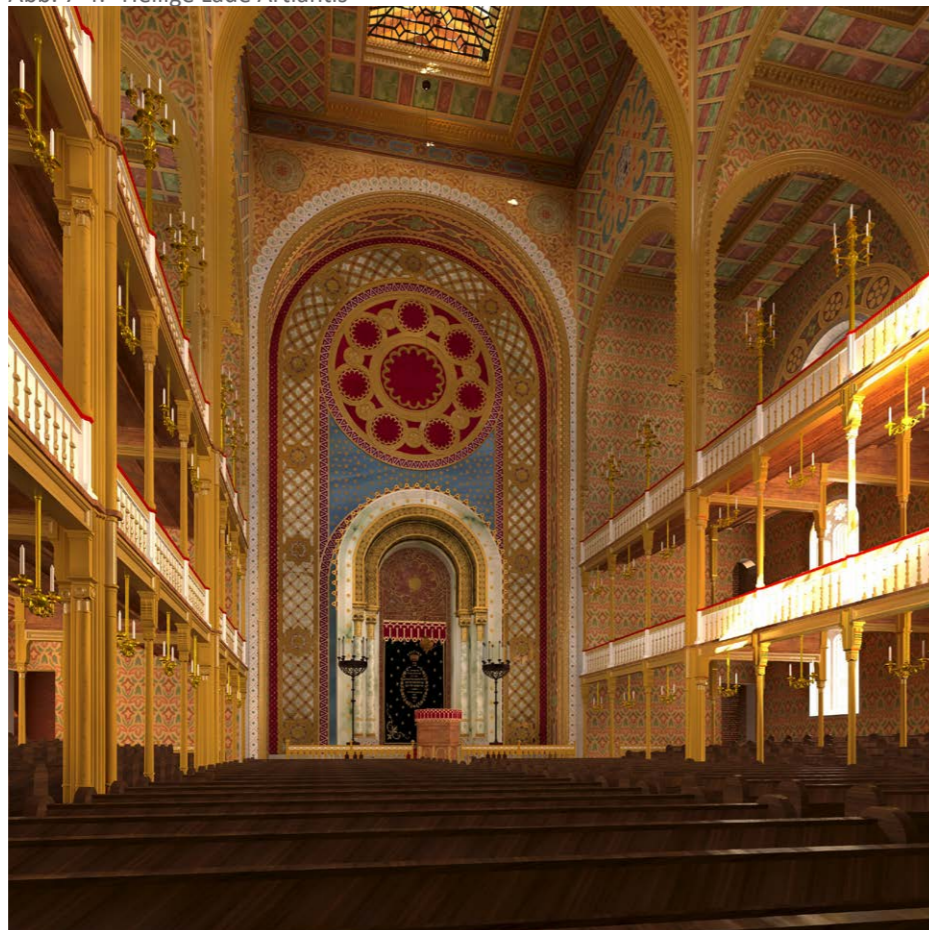


Abb. 7-5: Ranzenhofer-Position Artlantis

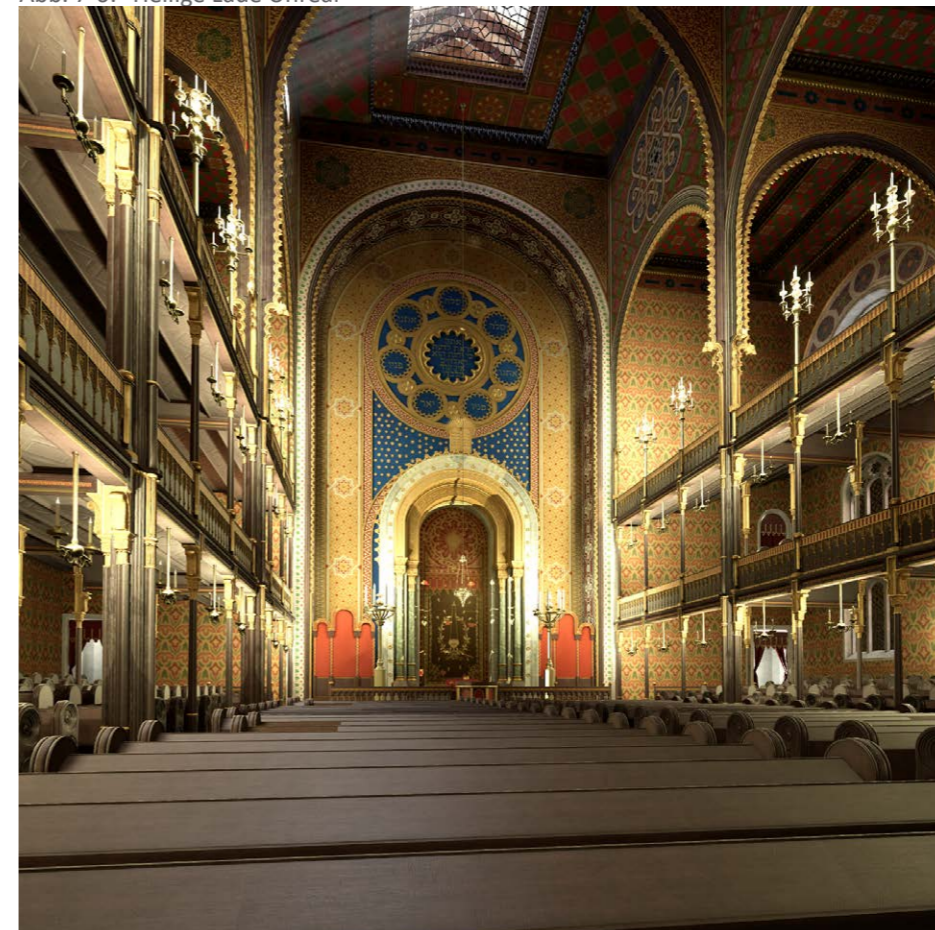


Abb. 7-7: Ranzenhofer-Position Unreal



Abb. 8-1: Projektion des Tempels auf die Fassade des Wiener Stadttempels am 09.11.2016

8. RESÜMEE UND SCHLUSSWORT

Diese Arbeit war eine große Herausforderung mit anfänglich ungewissem Ausgang. Der Autor hatte keine Erfahrung mit ArchiCAD und war es außerdem gewohnt, viel schlichere Gebäude in der Unreal-Engine zu visualisieren. Insgesamt mussten viele Prozesse also erst durch „Learning-By-Doing“ gelernt werden. Insbesondere im Bezug auf die Echtzeitvisualisierung stellt diese Arbeit so ein langsames „Voraustasten“ dar - es musste während des Arbeitens erst eruiert werden, was überhaupt möglich ist, denn hier fehlte die Erfahrung für solch komplexe Projekte.

Durch diese fehlende Erfahrung mussten einige Schritte revidiert und nochmals begonnen werden. Außerdem wurde versucht, so effizient wie möglich zu modellieren, sodass nicht für beide Anwendungsfälle (BIM bzw. UE) eigene Modelle erstellen werden mussten – im Endeffekt war dies leider zu häufig der Fall.

Durch die heutige Erfahrung des Verfassers hätten jedoch viele Fehler vermieden werden können, welche durch die damaligen Anfängerkenntnisse in ArchiCAD und des leider (damals) herrschenden Zeitdrucks der Erstellung resultierten. Diese kosteten sehr viel Zeit in der nachträglichen Behebung. Auch für die Recherche selbst hätte wohl mehr anfängliche Zeit veranschlagt werden sollen - der Großteil wurde nämlich parallel zur Rekonstruktion ausgeführt – daher tauchten immer wieder neue Informationen auf, welche das Um-modellieren des eigentlich bereits fertigen Modells zur Folge hatten. Resümierend muss festgestellt werden, dass sich zur Zeit die Anwendung der UE bzw. einer Echtzeitengine abseits der „One-Click“-Lösungen für komplexere Gebäude in der Architekturvisualisierung wohl nur für ein paar spezielle Anwendungsfälle (z.B.: ein museales Umfeld) lohnt, wo eine speziell zugeschnittene Anwendung erwünscht ist. Eine museale Anwendung ist natürlich ideal, denn mithilfe einer Echtzeitengine können auch zusätzliche Informationen wie die Geschichte interaktiv transportiert werden. Dennoch sprechen viele kleinere und größere Argumente wie z.B.: der mühsame Arbeitsprozess bei etwaigen Nachbesserungen in ArchiCAD natürlich gegen eine Nutzung (zumindest im Entwurfsprozess) eines Architekten.

Anhand der umfassenden Einarbeitung in das Gebiet der Echtzeitrenderer im Zuge dieser Arbeit ist sich der Verfasser aber sicher, dass in den nächsten Jahren und Jahrzehnten externe Offline-Rendering-Lösungen wie Artlantis obsolet sein werden und völlig von Echtzeitengines abgelöst werden dürften. Diese könnten dann auch direkt in eine entsprechende BIM-Software integriert sein, z.B.: als zusätzlicher Viewport.

Mit dieser Arbeit wurde der Leopoldstädter Tempel möglichst detailgetreu in dem Zustand um 1900 rekonstruiert. Über einen Zeitraum von zwei Jahren wuchs das Gebäude dem Verfasser immer mehr ans Herz und jedes noch-so-kleine Detail wurde aufgesogen. Die unzähligen Unterlagen und ähnlichen Gebäude reichten so für eine umfassende Rekonstruktion, welche im Detail aber sicherlich noch verbessert werden kann. So wurde von der Rekonstruktion der Innenräume der Seitentrakte Abstand genommen, um sich aufs Wesentliche zu konzentrieren. Einige Unklarheiten im Modell könnten außerdem in Zukunft durch neue Erkenntnisse ergänzt bzw. korrigiert werden. Auch könnten die beiden verbliebenen Zeiträume von 1858-1898 bzw. 1921-38 noch separat behandelt werden.

Aufgrund der besonderen Geschichte und der Prominenz des Tempels war er ein idealer Proband für die Entwicklung einer komplexen Echtzeitvisualisierung, welche es prinzipiell Jedem ermöglicht, den Tempel wieder zu „betreten“. Die überaus positive Rezeption durch Außenstehende bzw. innerhalb der Wiener jüdischen Gemeinde, zeigt, dass hier wichtige Arbeit geleistet wurde und sich der Einsatz bezahlt gemacht hat.

Trotz des großen Aufwands und der Probleme war es insgesamt eine wunderbare und zufriedenstellende Arbeit und veranlasst den Verfasser, sich über diese Arbeit hinaus umfassend mit der Materie zu beschäftigen.



Abb. 8-2: Präsentation in der Geschäftsführung des Jüdischen Museums in Wien am 19. Dezember 2017

A. EXKURS: DIE GESCHICHTE DER WIENER JUDEN BIS 1938

Hauptsächlich zusammengefasst aus dem Buch „Die Juden Wiens“, von Hans Tietze, welches als Hauptwerk über die Geschichte der Juden in Wien bekannt ist. Ein weiteres empfehlenswertes Buch (welches jedoch Österreich-übergreifend ist) ist „Die Geschichte des österreichischen Judentums“ von Kurt Schubert.

Der erste urkundlich belegte Jude in Wien war Schlom, der Münzmeister Leopolds V. 1194.⁸⁶ Er hatte bereits gleiche Rechte wie alle anderen Staatsangehörigen.

Um 1200 siedelten sich mehrere jüdische Familien in der Umgebung des heutigen Judenplatzes (damals: „Schulhof“) an. (Abb. A-1) Sie lebten Seite an Seite mit Christen. 1204 wird bereits eine Synagoge erwähnt.⁸⁷ Unter Friedrich dem Streitbaren 1244 hatten Juden viele hohe Ämter inne und standen unter seinem persönlichen Schutz. Vor allem der katholischen Kirche war die enge soziale und gesellschaftliche Vernetzung mit Juden aber ein Dorn im Auge.

1267 am 22. Salzburger Provinzialkonzil propagierte man daher sehr judenfeindliche Bestimmungen, welche aber eher Richtlinien entsprachen und von den Herrschenden nicht umgesetzt wurden.⁸⁸ Einerseits um die Juden besser schützen zu können und andererseits aufgrund diesen aufkeimenden Judenhasses entwickelte sich schrittweise ein abgegrenztes autonomes Ghetto, welches durch Mauern und Tore von der übrigen Stadt getrennt wurde. Zur Zeit seiner höchsten Blüte zählte es ca. 70 Häuser.⁸⁹(Abb.2-1)

Die Wirren beim Auftreten der schwarzen Pest führten, obwohl den Juden natürlich Schuld an den vielen Opfern gegeben wurde, nicht zu einer Verfolgung, da man selbst viele Todesopfer zu beklagen hatte.^{90 91}

Regelmäßig forderte man von den Juden Geld für ihren Schutz, wodurch nach und nach (etwa zum Beginn des 14. Jahrhunderts) eine regelmäßige Steuer eingeführt wurde, die „Judensteuer“. ⁹² Diesen Schutz hatten sie bitter nötig, denn aufgrund ihres primären Erwerbs, dem Geldgeschäft, in welches sie

86 <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Schlom>, 1.3.2018

87 [https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Judenstadt_\(1\)](https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Judenstadt_(1)) 1.3.2018

88 Geschichte der Juden in Österreich, Eveline Brugger, Martha Keil, Albert Lichblau, Christoph Lind und Barbara Staudinger, Ueberreuter, Wien, 2006, S.133

89 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag, Wien, 2007, S. 21

90 ebenda S,28

91 im Gegensatz zu z.B.: Deutschland, wo Juden die Brunnenvergiftung vorgeworfen wurde, was zu den schlimmsten Pogromen des Mittelalters führte.

92 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag, Wien, 2007, S. 28

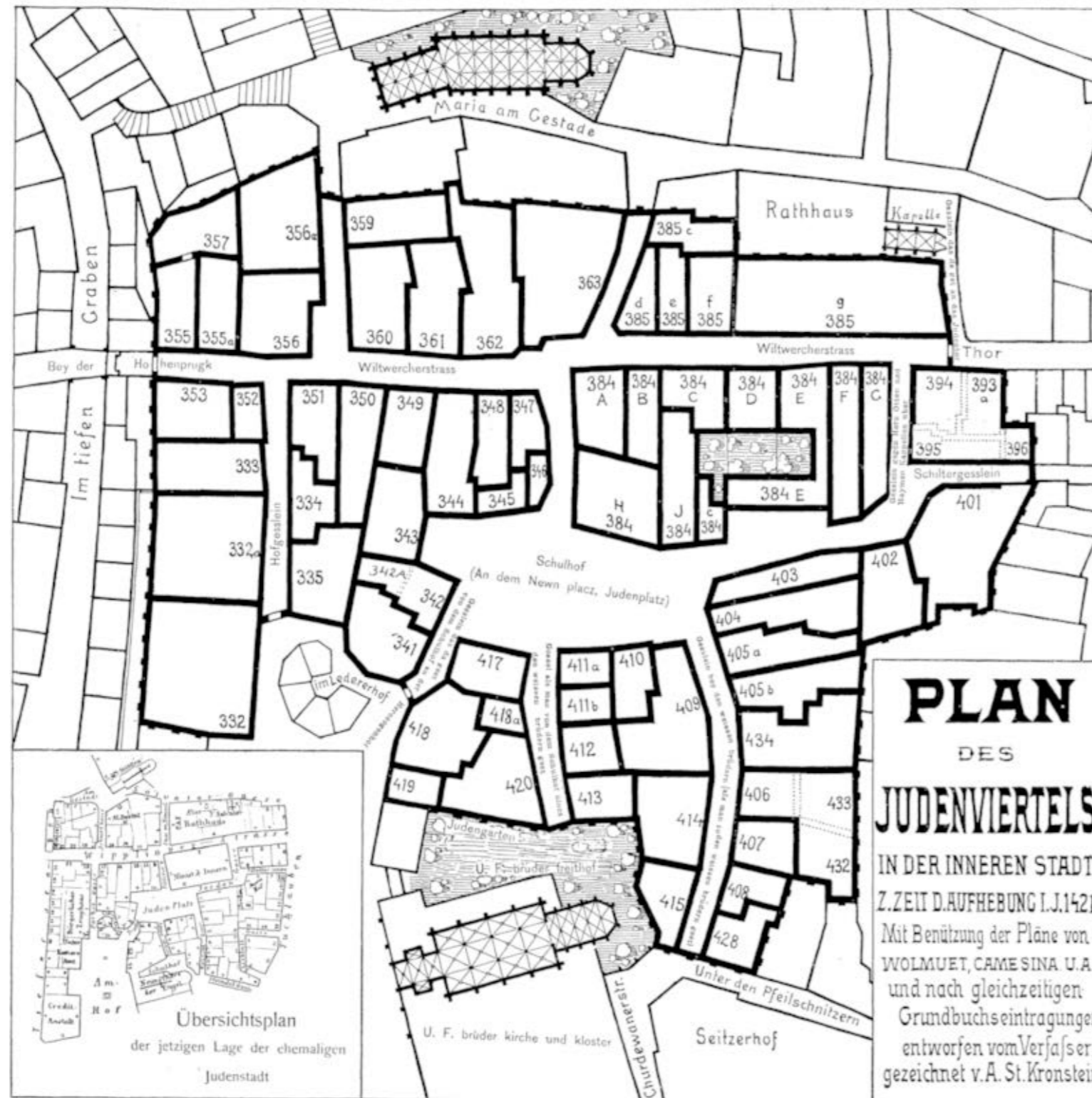


Abb. A-1.: Plan des Judenviertels

gezwungenermaßen gedrängt wurden, da ihnen andere Erwerbsmöglichkeiten untersagt waren bzw. Christen dieses durch das kirchliche Zinsverbot untersagt war, rief unsäglichen Hass bei den Schuldnern hervor.

Bei einem Brand am 5. November 1406 brannte die Synagoge ab und das Feuer griff auf das ganze Ghetto über.⁹³

Jahrelang baute sich ein ungeheuerlicher Groll gegenüber den Juden auf, verstärkt durch Beschuldigungen, dass sie mit den Hussiten paktieren und ihnen Waffen verkaufen. 1420 lässt Albrecht V. unter dem Vorwand der Hostienschändung schließlich die nach dem Brand und den mit-einhergehenden Plünderungen verarmten und somit entbehrlichen Juden aus Wien und allen anderen herzoglichen Städten verfolgen. („Wiener Gesera“) Viele weigerten sich, sich taufen zu lassen und gingen freiwillig in den Tod - so kam es vermutlich in der Synagoge zu einem „kiddusch haschem“ (Märtyrertod) um jüdische Kinder vor der Taufe zu bewahren.⁹⁴ Weiters wurden 210 Juden gefangen gehalten (darunter 90 Männer der jüdischen „Elite“) und 1421 schließlich bei Erdberg verbrannt.⁹⁵ (Abb. A-2)

„Wie nun die Juden zum Brandhaus geführt wurden hoben sie an zu tanzen und zu springen, als ob es zur Hochzeit ginge. Unter lauten Zurufen und Trostworten zueinander baten sie sich gegenseitig um Vergebung und erhofften sich ein glückliches Jenseits“⁹⁶



Abb. A-2.: Verbrennung der Juden in der „Schedelsche Weltchronik“

93 http://www.israelaktuell.at/c4i-at/zeitung/artikel_aug_sept_2009/die_geschichte_der_juden_in_wien, 1.3.2018

94 Die Geschichte des österreichischen Judentums, Kurt Schubert, Böhlau Verlag, Wien, 2008, S. 29-31

95 Die Wiener Geserah vom Jahre 1421, Samuel Krauss, Wilhelm Braumüller, Leipzig, 1920, S.111

96 ebenda

Nach dieser Tat hieß Österreich für die Juden „Blutland“ (Hebr.: „Erez hadamim“)⁹⁷ und wurde zumeist gemieden. Nur vereinzelte Juden, welche ein spezielles Sonderrecht erhielten, was sie von städtischen Abgaben befreite und allein dem Kaiser steuerpflichtig waren – sogenannte „Hofbefreite“, siedelten sich an.⁹⁸

Den Juden war die Ansässigkeit aber im Allgemeinen nicht erlaubt und sie mussten sich beim Besuch Wiens an eine spezielle Kleiderordnung halten. Davon zeugen auch alle behördlichen Verfügungen jener Zeit, in denen von Juden die Rede ist, da sie im wesentlichen Verhaltensmaßregeln bei solcher gelegentlichen Anwesenheit darstellen. Mit einigen Ausnahmen (vor Allem jüdische Ärzte waren privilegiert) hielt dieser Zustand bis zur Mitte des 16. Jahrhunderts an.⁹⁹

Unter Maximilian II. dehnte man dann das Aufenthaltsrecht auf eine größere Anzahl von Personen aus, jedoch wollte man diese jüdische Familien geschlossen in einer separaten Siedlung am sogenannten „Unteren Werd“ zusammenfassen (ein sumpfiges Gebiet außerhalb der Stadtmauern). Als dieses Projekt 1571 fehlschlug, entschied man sie in einem Haus in der Himmelspfortengasse unterzubringen. Zur Umsetzung kam es aber auch hier nicht, da der Kaiser die Juden unter anderem wegen Wucher am Palmsonntag 1573 der Stadt verweisen wollte, was die Juden durch geschicktes Verhandeln mit den Obrigkeiten aber größtenteils abwenden konnten.¹⁰⁰

Unter seinem Nachfolger Rudolf II., welcher von den lukrativen Geschäften der Juden profitierte, kam es dann zu einer neuerlichen Gemeindebildung, sodass bereits um die Jahrhundertwende wieder eine Synagoge eingerichtet wurde. Jedoch achtete man darauf, dass sich nur wirklich „Hofbefreite“ Juden ansiedelten und so wurden öfters „Nichtbefreite“ verwiesen (z.B. 1615).¹⁰¹

Unter Ferdinand II., der eigentlich als glühender Katholizist galt, prosperierte das Wiener Judentum stärker als unter seinen Vorgängern, auch da sie sich in den Wirren des Dreißigjährigen Krieges als zuverlässige Geldgeber herausstellten. Auf Grund von Reibereien mit konkurrierenden Wienern Händlern, welche sogar zur Einstellung eines geplanten Synagogenbaues führte, entschied 1624 der Kaiser die Juden in einem sicheren Ghetto unterzubringen. Wie bereits 50 Jahre zuvor fiel die Wahl auf den „Unteren Werd“, wo sehr rasch ein eigenes Viertel entstand, welches der Kaiser in seinen direkten Schutz nahm. Geschäfte wurden weiterhin in der Innenstadt erledigt, jedoch mussten die Juden die Stadt vor Anbruch der Dunkelheit verlassen.

97 <http://ldn-knigi.lib.ru/JUDAICA/Grunwald.htm> (enthält das Buch_Geschichte der Wiener Juden bis 1914, Max Grunwald, Selbstverlag der israelitischen Kultusgemeinde, Wien, 1926)

98 ebenda

99 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag, Wien, 2007, S. 37-43

100 ebenda S.43-44

101 ebenda 44-46

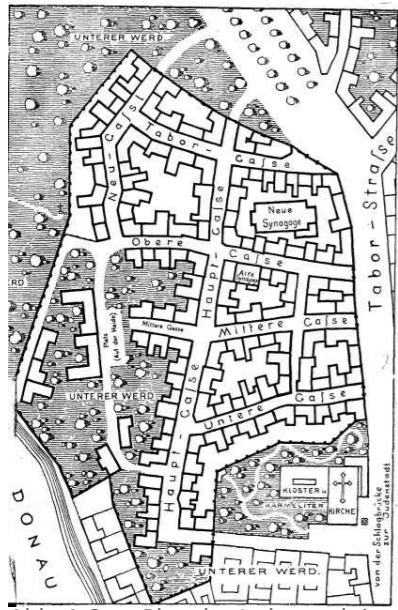


Abb. A-3.: Plan der Judenstadt im unteren Werd 1670

Das Ghetto wuchs in kürzester Zeit von 15 Häuser auf 132 Häuser plus Synagoge 1669 an und die Bewohner genossen eine relative Unabhängigkeit mit eigener Verwaltung.¹⁰² (Abb. A-3)

Natürlich gab die Bevölkerung den Juden die Schuld für ihre schlechte Lage und so wurde Ferdinand III., der eine etwas unetere Judenpolitik wie sein Vater betrieb, vom Volk öfters aufgefordert, die Juden zu verweisen. Der Kaiser folgte diesen Forderungen jedoch nicht¹⁰³ und so richtete sich die „Volkswut“ nun mehr wieder öfters direkt gegen die Juden. Der Schutz des Kaisers war ihnen aber, ebenso wie unter seinem Nachfolger, Leopold I., weiterhin gewiss. Der angeschwollene Volkshass führte, trotz des eigens zugestellten militärischen Schutzes des Ghettos, wodurch sie anfangs gegen judenfeindliche Angriffe besser gefeit waren¹⁰⁴, zu immer brutaleren Gewalttaten (so wurde z.B.: eine wohlhabende Jüdin erschossen¹⁰⁵) und auch der Brand des neu erbauten Traktes der Hofburg wurde den Juden zur Last gelegt.¹⁰⁶ Durch einen Richtungswechsel in der Judenpolitik Leopold I. vermutlich ausgelöst durch seine streng katholische Gattin Margarete Therese aus Spanien, welche den Tod ihres Sohnes als Strafe für die Zulassung der Juden in Wien ansah und diverse Schief lagen in der Innen- und Außenpolitik, erfolgte schließlich der Ausweisungsbefehl im Februar 1670. Am Tag zuvor hatte die Kaiserin eine Fehlgeburt.¹⁰⁷

„Juden, insgesamt (keinen davon ausgenommen) von hinnen und aus dem ganzen Land Österreich wegzuschaffen und sich keiner mehr am Tag vor künftigen Fronleichnamtsfest oder corporis Christi alhier bey Leib- und Lebensstraf betreten zu lassen (...)“¹⁰⁸

Zwar sträubten sich die Juden stark gegen die Ausweisung, letztendlich mussten aber auch die Letzten am 26. Juni 1670 Wien verlassen.¹⁰⁹ (Abb. A-4)

¹⁰² Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag, Wien, 2007, S. 46-50

¹⁰³ ebenda S.54

¹⁰⁴ <http://ldn-knigi.lib.ru/JUDAICA/Grunwald.htm> (enthält das Buch_Geschichte der Wiener Juden bis 1914, Max Grunwald, Selbstverlag der isralitischen Kultusgemeinde, Wien, 1926)

¹⁰⁵ Theatrum Europaeum, Band 7, Frankfurt am Main, 1685, S.146

¹⁰⁶ <http://www.bundespraesident.at/historisches/geschichte-der-hofburg/>, 2.3.2018

¹⁰⁷ Die Geschichte des österreichischen Judentums, Kurt Schubert, Böhlau Verlag, Wien, 2008, S. 44-45

¹⁰⁸ Urkunden und Akten zur Geschichte der Juden in Wien, Erste Abteilung, Allgemeiner Teil 1526 - 1847 (1849), Alfred Francis Pribram, Verlag W. Braumüller, Wien - Leipzig 1918, S. 235 - 237.

¹⁰⁹ Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag, Wien, 2007, S. 67



Abb. A-4.: Auszug der Juden aus Wien

Die Siedlung „Am Unteren Werd“ ging in den Besitz der Stadt Wien über und die Synagogen wurden in christliche Kirchen umgewandelt. /Die alte Synagoge wich einer kleinen Kirche - das Sankt-Margarethen-Kirchlein, die neue Synagoge der Leopoldskirche.)¹¹⁰ Am 6. September 1671 wurde die Leopoldskirche geweiht und ein großartiges Fest abgehalten. In etwas gleichzeitig kam die Bezeichnung Leopoldstadt auf.¹¹¹ Die Ausweisung der Juden stellte sich, entgegen aller Versprechungen des Magistrats, als finanzielles Desaster für die Stadt dar. Die Häuser des ehemaligen Ghettos wurden mit deutlichem Verlust an einzelne Bürger verkaufte und die Leopoldstadt verarmte großteils.¹¹² Auch der Handel und die Geldgeschäfte erlitten schlimmen Schaden, sodass sogar wieder einige forderten, die Juden zurückzurufen. Eine Massen-Wiederaufnahme blieb aus, nur einzelnen Juden wurde in den darauffolgenden Jahren der Aufenthalt in Wien bewilligt, sogenannte „Hofjuden“. Deren Position war stark an die Person des Herrschers gebunden. Durch diese Abhängigkeit konnten sie gezwungen werden, so gut wie jeden Auftrag zu übernehmen.¹¹³ Um 1680 erhält Samuel Oppenheimer (Abb. A-5) samt Haushaltung sowie Samson Wertheimer (Abb. A-6) das Privileg, als „Hoffaktoren“ wieder nach Wien zu kommen. Sie sind vor allem als Heereslieferanten und Mittler internationaler Darlehensgeschäfte für das Kaiserhaus tätig und stellen sich als unersetzlich wertvoll für den Staat heraus.¹¹⁴

Im Dunstkreis dieser Familien siedelten sich bis 1700 weitere privilegierte jüdische Familien in Wien an, die in den angese-

¹¹⁰ https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Leopoldskirche_%28Leopoldstadt%29, 2.3.2018

¹¹¹ Leopoldstadt, Christine Klusack und Kurt Simmer, Verlag Kurl Mohl, Wien, 1978, S.68

¹¹² ebenda

¹¹³ Geschichte der Juden in Österreich, Eveline Brugger, Martha Keil, Albert Lichblau, Christoph Lind und Barbara Staudinger, Ueberreuter, Wien, 2006, S. 340

¹¹⁴ ebenda S. 341-345



Abb. A-5.: Samuel Oppenheimer



Abb. A-6.: Samson Wertheimer



Abb. A-7.: Kaiserin Maria Theresia

hensten Kreisen Wiens verkehrten und selbst ein beachtliches Vermögen anhäuferten.¹¹⁵ (Samson Wertheimer nannte man auch den „Judenkaiser“¹¹⁶)
Wie zu erwarten wuchs wieder der Unmut gegenüber den Juden, die immer mehr hochrangige Ämter inne hatten und so versäumten die Wiener keine Gelegenheit, ihre neuerliche Austreibung zu fordern – wohl aufgrund der Unentbehrlichkeit der Juden (ins Besondere für die Finanzierung des Erbfolgekrieges) duldeten sie aber Seitens der Obrigkeit weiterhin, jedoch wurden Juden ohne Aufenthaltsrecht bzw. nach dem Ablauf ihrer Aufenthaltsprivilegien strikt ausgewiesen und so ein ungewolltes Wachstum der jüdischen Gemeinde verhindert. Man konnte sich eine Verlängerung dieser Privilegien aber teuer erkaufen, was sich als ein lukratives Geschäft für den Kaiser darstellte.¹¹⁷ Aufgrund der Friedensverträge mit dem Osmanischen Reich 1718 (Friede von Passarowitz) wurde jenen Juden, die Untertanen des Sultans waren, freier Aufenthalt im Habsburgerreich gestattet. Dadurch waren sie besser gestellt als ihre Wiener Glaubensgenossen und sie besaßen bereits ab 1736 eine Synagoge.¹¹⁸

Diese strikte Judenpolitik Karls VI. farbte auch auf seine Tochter Kaiserin Maria Theresia (Abb. A-7) ab, welche entgegen ihrer aufklärerischen Tendenzen eine rigorose Judenpolitik vertrat. Eine Zählung von 1752 ergab 452 Juden in Wien.¹¹⁹ Es folgten starke Einschränkungen von Aufenthaltsgenehmigungen und Privilegiengewährungen auf fünf bis max. zehn Jahre und eine stärkere Unterstellung in den Staatsdienst.¹²⁰ Auch entstanden wieder Pläne für ein neuerliches Ghetto, jedoch scheiterten alle Pläne am Kostenfaktor - eine strikte Häusertrennung von jüdischen und christlichen Familien wurde aber durchgesetzt.¹²¹ Der aufgeklärte Zeitgeist schien aber stärker als die Verfügungen der Kaiserin, was vor allem an dem zwanglosen sozialen Verkehr der Juden gesehen werden konnte, welche äußerlich von Christen häufig nicht mehr unterschieden werden konnten und Tanzlokale und Kaffees besuchten. Humanistische Philosophie führte zu einer Umkehr des bösen Juden zu einer Idealfigur, was vor allem in den Theaterstücken jener Zeit (z.B.: Die abgedankten Offiziere 1770) ersichtlich wird. Eindeutig war eine Wende im Gange. Aufgrund ihrer wichtigen Positi-

115 Die Geschichte des österreichischen Judentums, Kurt Schubert, Böhlau Verlag, Wien, 2008, S. 55-56

116 Der Hofjude im Zeitalter des Absolutismus, Selma Stern, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 2001, S. 81

117 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag 2007, S. 88-89

118 Die Geschichte des österreichischen Judentums, Kurt Schubert, Böhlau Verlag, Wien, 2008, S. 54

119 Urkunden und Akten zur Geschichte der Juden in Wien, Erste Abteilung, Allgemeiner Teil 1526 - 1847 (1849), A.F. Pribram, Verlag Wilhelm Braumüller, Wien - Leipzig, 1918, S. 159

120 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag 2007, S. 94

121 ebenda S. 97-98

onen konnten viele Juden sogar selbstbewusst drohen, Wien bei keiner Verbesserung zu verlassen.¹²²

Diese kamen dann unter dem Thronfolger Joseph II. (Abb. A-8) Am 2. Jänner 1782 erließ er das „Toleranzpatent“ für Wien und Niederösterreich, das zahlreiche diskriminierende Verordnungen aufhob. So wurden Juden zu allen Schulen und Hochschulen zugelassen und sie erhielten weitgehende Gewerbefreiheit. Auch die erniedrigende Leibmaut wurde abgeschafft.¹²³ Diese aufgeklärten Reformen verzückten die jüdische Gemeinde natürlich, aber waren von Joseph II. nicht eingeführt worden, um die Ausbreitung von Juden zu begünstigen (denn Einwanderung blieb ihnen ebenso verboten wie der Erwerb von Haus- und Grundbesitz), sondern er wollte den Juden Zugang zu handwerklichen und landwirtschaftlichen Berufen gewähren und sie somit für den Staat nützlich werden lassen – also lagen eher volkswirtschaftliche als humanistische Erwägungen zu Grunde.¹²⁴ 1788 wurde dann ebenso die Militärpflicht auf sie ausgedehnt. (Resolution vom 13. Februar 1788) Zahlreiche Sondergesetze nach dem Tod Joseph II. schränkten diese Gleichstellungsansätze wieder ein und es folgte die Phase der reaktionären Politik Franz I/II.

„Die politische Rechtlosigkeit der Wiener Juden unter Franz II. nach dem verheissungsvollen Anlaufe unter Kaiser Josef wurde von ihnen [den Juden] so empfunden, wie wenn man einem Gefangenen die Fesseln ein wenig lockert, um sie ihn sofort noch schmerzlicher fühlen zu lassen.“¹²⁵

Der starke Zulauf von Juden aus Mähren, Böhmen und Ungarn („Provinzjuden“) wurde zunehmend problematisch. Diese Juden ließen sich ironischerweise in der Leopoldstadt, der ehemalige „Unteren Werd“ nieder, welche durch den nun Namensgebenden Leopold von Juden gesäubert wurde - die Nähe zum Nordbahnhof dürfte hier unter Anderem ausschlaggebend gewesen sein. Ihre Andersartigkeit arbeitete der Assimilierung entgegen und rief somit weiteren Argwohn bei den Obrigkeiten hervor.

Für die Aufsicht dieser wachsenden Zahl illegaler Juden wurde ab 1792 ein „Judenamt“¹²⁶ eingerichtet und jüdische Vertreter per Wahl ausgewählt, welche gewissermaßen als Sachverständige in Judensachen dienten.

122 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag 2007, S. 101

123 https://de.wikisource.org/wiki/Das_Toleranzpatent_Kaiser_Joseph_II. 3.3.2018

124 Geschichte der Juden in Österreich, Eveline Brugger, Martha Keil, Albert Lichblau, Christoph Lind und Barbara Staudinger, Ueberreuter, Wien, 2006, S. 394

125 <http://ldn-knigi.lib.ru/JUDAICA/Grunwald.htm> (enthält das Buch Geschichte der Wiener Juden bis 1914, Max Grunwald, Selbstverlag der israelitischen Kultusgemeinde, Wien, 1926)

126 Wien: Von 1790 bis zur Gegenwart; Peter Csendes, Ferdinand Opll, Böhlau Verlag, 2006, S. 156



Abb. A-8.: Kaiser Joseph II

Bei diesem Judenamte hatte sich jeder zugereiste Jude zu melden und für 30 Kreuzer pro Tag eine Aufenthaltserlaubnis („Bollette“) zu lösen, die von 14 zu 14 Tagen erneuert werden musste.¹²⁷

Einigen jüdischen Familien gelang dennoch ein aufsehenerregender sozialer Aufstieg. Diese national beinahe assimilierten Familien (Arnstein, Eskeles, Biedermann etc.) waren ein krasser Kontrast zu den meist illegal eingereisten „bösen Provinzjuden“. Sie begannen sich zunehmend religiös und sozial von der Masse der Glaubensgenossen zu entfremden. Es waren jedoch diese reichen Familien, die durch ihren Einsatz für das „neue“ Vaterland (z.B.: bei dem Sturz Napoleons) beim Kaiser als „Anwälte des Judentums“ auftreten konnten und für eine Gleichberechtigung kämpften.¹²⁸ Durch diese Loyalität und Kontributionsbereitschaft der Wiener Jüdinnen und Juden erreichten sie bzw. der als Vertreter der jüdischen Bevölkerung agierende Michael Lazar Biedermann beim durchaus sturen Franz I/II. die Erlaubnis zur Eröffnung von Bethaus und Schule im Dempfingerhof (Seitenstettengasse), wenn auch durch eine List. Da das als Betstube verwendete Zimmer im Haus „Zum Weißen Stern“ in der Sterngasse für die wachsende Gemeinde bzw. die wachsenden Ansprüche nicht mehr ausreichte sollte eine separate Synagoge und zwar anstelle des sogenannten „Passauerhofes“. Dies verbot der Kaiser aber aufgrund einiger Bedenken des Polizeiministers Sedlnitzky, der eine Gefahr für Christen sah. Auch der als Ersatz geplante Neubau des Dempfingerhofs wurde vom Kaiser verboten - Biedermann schaffte es aber eine Erlaubnis zur Demolierung des angeblich baufälligen Gebäudes zu erwirken. Daher erfolgte ein Neubau des Dempfingerhofs inklusive Synagoge.¹²⁹ 1826 wurde der von Joseph Kornhäusel gebaute „Stadttempel“ eingeweiht, wofür der Prediger Isaak Noah Mannheimer (Abb. A-9) gewonnen wurde. Geprägt von den Reformbewegungen in seiner Heimat musste er, durch die Überzahl an orthodoxen Juden in Wien einige Kompromisse eingehen, sodass er in den folgenden Jahren eine Liturgie entwickelte, welche als „Mannheimer Ritus“ das Wiener Judentum prägen sollte. Im Vormärz prosperierten die etablierten und häufig geadelten Juden prächtig. In ihren Salons wurde über die Zukunft der österreichischen Wirtschaft debattiert, welche sich inzwischen in großen Teilen in jüdischen Händen befand und sich intensiv geistiger Wissenschaften gewidmet.¹³⁰ Die illegal in Wien Lebenden fristeten zeitgleich ein eher bescheidenes Dasein, viele waren sehr arm



Abb. A-9.: Isaak Noah Mannheimer

127 <http://ldn-knigi.lib.ru/JUDAICA/Grunwald.htm> (enthält das Buch „Geschichte der Wiener Juden bis 1914“, Max Grunwald, Selbstverlag der israelitischen Kultusgemeinde, Wien, 1926)

128 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag 2007, S. 133-138

129 <https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/index.php?title=Stadttempel> 4.3.2018 bzw. Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag 2007, S. 147

130 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag 2007, S. 159-170

und auf die Unterstützung Wohlhabender oder auf das Betteln angewiesen. Andere versuchten als Hausierer oder Ratenhändler¹³¹ ihren Lebensunterhalt zu verdienen. Sie lebten jedoch Seite an Seite mit den Christen, eine Isolierung wie früher gab es nicht mehr.

Erst die Revolution 1848, an der viele der illegal in Wien wohnenden Juden großen Anteil hatten, änderte auch etwas an ihrer Lebenssituation. Entscheidende Verbesserungen für die Juden Wiens brachte die Abdankung Kaiser Ferdinands zugunsten seines Neffen Franz Joseph. Als Reaktion auf eine Dankschrift der Wiener Juden spricht dieser 1849 nicht nur von der „israelitischen Gemeinde“ sondern auch von der Gleichberechtigung aller Völker und aller Stämme. Im selben Jahr erfolgte ein Erlass welcher die politischen und bürgerlichen Rechte von allen Religionsbekenntnissen loslöst.¹³² Dies bedeutete u.a. dass es Juden gestattet wurde, sich innerhalb der Donaumonarchie frei zu bewegen und in Wien sesshaft zu werden. Aufgrund dieser Tatsachen bildete sich bereits 1849 provisorisch ein Gemeindevorstand und 1852 wurde dann ganz offiziell die „Israelitische Kultusgemeinde Wien“ gegründet.¹³³ In vielen Zeitungsartikeln frohlockte man über die zu kommenden Zustände. So schrieb die „Allgemeine Zeitung des Judenthums“ am 20. Mai 1850:

„Kein Land bietet für die Israeliten jetzt vom Standpunkt der bürgerlichen Stellung so viel Interessantes, als der große Komplex mittel-europäischer Länder, der dem Kaiserzepter zu Wien unterworfen ist.“¹³⁴

Zeitungsnachrichten wie diese sorgten wohl dafür, dass der Zustrom vom Juden nach Wien gewaltig answoll. Vor allem die ärmlichen Juden aus Galizien, Preußen und Ungarn erhofften sich hier ein besseres Leben.

Diese Zugeständnisse – so auch die Erlaubnis zum Grundstückserwerb – wurden durch die Aufhebung der Verfassung am 31. Dezember 1851 zwar wieder zurückgenommen¹³⁵ (bestehen blieben nur die Gleichheit aller Bürger vor dem Gesetz und die Aufhebung der Untertanenlasten), der Prozess der Gleichberechtigung war auf Dauer aber nicht mehr aufzuhalten.

In diese Zeit fällt auch der Beschluss zum Bau eines zweiten Gotteshauses, dem Leopoldstädter Tempel, welcher in dieser Arbeit behandelt wird.

131 waren Händler, die anschreiben ließen und in Raten ihr Geld erhielten

132 151. Kaiserliches Patent vom 4. März 1849, Reichsgesetzblatt 1849-1918, S.165 <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rgb&datum=18490005&seite=00000165>, 4.8.2018

133 <https://www.ikg-wien.at/geschichte-der-ikg-wien/>, 4.8.2018

134 Allgemeine Zeitung des Judenthums, 20.05.1850

135 Kaiserliches Patent vom 31. Dezember 1851, Reichsgesetzblatt 1849-1918, S. 27 <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rgb&datum=1852&page=113&size=45>, 4.8.2018



Abb. A-10.: Antisemitisches Wahlplakat der Christlichsozialen Partei in Wien, 1920

Die endgültige Gleichstellung mit anderen Staatsbürgern folgte schließlich durch das Staatsgrundgesetz vom 21. Dezember 1867¹³⁶, was somit den Schlusspunkt der mit dem Toleranzpatent begonnenen Bewegung darstellt. In den folgenden Jahren explodierte die Anzahl jüdischer Staatsbürger. So wurden 1860 nur 6217 Juden in Wien gezählt, aber bereits 1880 72.588.¹³⁷ Wie man an diesen Zahlen sieht, kann man ruhig von einer „Renaissance des Judentums“ sprechen. Während es den reichen Juden nun möglich war, unverblümt ihre Ringstraßenpalais zu errichten (die Ringstraße wurde auch als „Zionstraße“ betitelt)¹³⁸, gingen auch viele Juden der Mittelschicht vollkommen in der Arbeitswelt Wiens auf. Auffallend war z.B.: die große Anzahl jüdischer Ärzte und die bis heute bekannten großen Warenhäuser (z.B.: Gerngross).¹³⁹ Probleme bereitete die schwere Wirtschaftslage nach der Revolution, die am 9. Mai 1873 mit dem schwarzen Freitag der österreichischen Volkswirtschaft ihren Höhepunkt fand. Natürlich lud sich hier die Volkswut wieder auf die Juden ab, welche so unverblümt ihren Reichtum zur Schau stellten bzw. als Hauptstützen des Kapitalismus galten. Verstärkt wurden diese Tendenzen dann durch den Ausbruch des ersten Weltkrieges 1914, als 50.000-70.000 jüdische Flüchtlinge am Wiener Nordbahnhof eintrafen, wovon nur die Hälfte nach der Besserung der Lage zurückkehrte.¹⁴⁰ Da die Flüchtlinge verarmt waren und kaum Arbeitsplätze fanden, wurde die Beziehung zwischen Juden und Christen auf eine schwere Belastungsprobe gestellt.

Die quasi zum herumlungern gezwungenen Juden waren natürlich ein perfekter Nährboden für antisemitische Bewegungen, welche vor allem in den letzten Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts erneut Anklang fanden (durch z.B.: Georg Ritter von Schönerer oder Karl Lueger¹⁴¹). So wurden Flugblätter und Zeitungen herausgegeben, in welchen der Jude als Feind und Verräter für die Niederlage verantwortlich gemacht wurde¹⁴², um die Bevölkerung aufzustacheln¹⁴³. Auch zwischen den beiden Weltkriegen war die Situation mehr als angespannt und es häuften sich die von Christlichsozialen, Deutschnationalen

136 Staatsgrundgesetz vom 21. December 1867, Reichsgesetzblatt 1849-1918, S.394, <http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rgb&datum=18670004&seite=00000394>, 4.8.2018

137 Die Juden Wiens: eine statistische Studie, Leo Goldhammer, R. Löwit Verlag, 1972, S. 7

138 The Great Synagogue of Budapest, Rudolf Klein, Hungarian edition TERC Kft., Budapest, 2008, S. 81

139 Die Juden Wiens, Hans Tietze, mandelbaum verlag 2007, S. 197-199 bzw 204

140 Die Mazzesinsel – Juden in der Wiener Leopoldstadt 1918-38, Ruth Beckermann, löcker Verlag, Wien, 1984

141 Geschichte der Juden in Österreich, Eveline Brugger, Martha Keil, Albert Lichblau, Christoph Lind und Barbara Staudinger, Ueberreuter, Wien, 2006, S. 465-66

142 ebenda S. 588

143 Die Geschichte des österreichischen Judentums, Kurt Schubert, Böhlau Verlag, Wien, 2008, S. 106

und Nationalsozialisten geschürten antisemitischen Ausschreitungen. Das jüdische Leben selbst aber war davon erstaunlicher Weise noch wenig betroffen, es erlebte gar eine Hochblüte mit über 600 Vereinen. Bekannt ist z.B.: der erfolgreiche jüdische Sportverein „Hakoah“¹⁴⁴.

Ab 1930 bzw. spätestens mit der Machtergreifung der Nazis in Deutschland und dem dort herrschenden offenen Antisemitismus wuchs auch die Gewaltbereitschaft gegen Juden in Österreich, denn auch hier war reichlich Nährboden vorhanden. So kam es zu laufend zu Übergriffen und Schändungen.¹⁴⁵ Nach dem Anschluss im März 1938 artete die - meist verbale - öffentliche Schikane der Juden schließlich völlig in eine systematische Verfolgung und Vertreibung aus, welche von restlichen Gesellschaft widerspruchslos hingenommen wurde.¹⁴⁶ Nach und nach wurden sie ausgegrenzt, vertrieben und schließlich auch ermordet. Nach dem Mord an dem Diplomaten Ernst vom Rath durch den Juden Herschel Grynszpan in Paris entlud sich der „spontane Volkszorn“ - in Wahrheit eine penibel von Propagandaminister Joseph Goebbels geplante Aktion - in der „Reichsprogromnacht“ vom 9. auf den 10. November 1938.¹⁴⁷ Sämtliche Wiener Synagogen und Bethäuser wurden angezündet und zerstört (Abb. A-11), nur der Stadttempel überstand, aufgrund seiner eingebetteten Lage im Innenhof eines Wohnhauses und der damit verbunden Gefahr, dass ein Feuer auf die benachbarten Gebäude übergreifen hätte können, in verwüsteten Zustand.¹⁴⁸ Dies war der endgültige Anfang der „Shoa“.



Abb. A-11.: Die zerstörte Synagoge

144 Die Mazzesinsel – Juden in der Wiener Leopoldstadt 1918-38, Ruth Beckermann, löcker Verlag, Wien, 1984, s. 72

145 Die Geschichte des österreichischen Judentums, Kurt Schubert, Böhlau Verlag, Wien, 2008, S. 108-109

146 Geschichte der Juden in Österreich, Eveline Brugger, Martha Keil, Albert Lichblau, Christoph Lind und Barbara Staudinger, Ueberreuter, Wien, 2006, S. 520-521

147 <https://www.sueddeutsche.de/muenchen/-november-spontaner-volkszorn-von-goebbels-inszeniert-1.764537> 05.08.2018

148 <https://www.denkmalwien.at/rundgaenge/rundgang-wir-und-die-anderen/stadttempel-israelitische-kultusgemeinde-wien> 5.8.2018

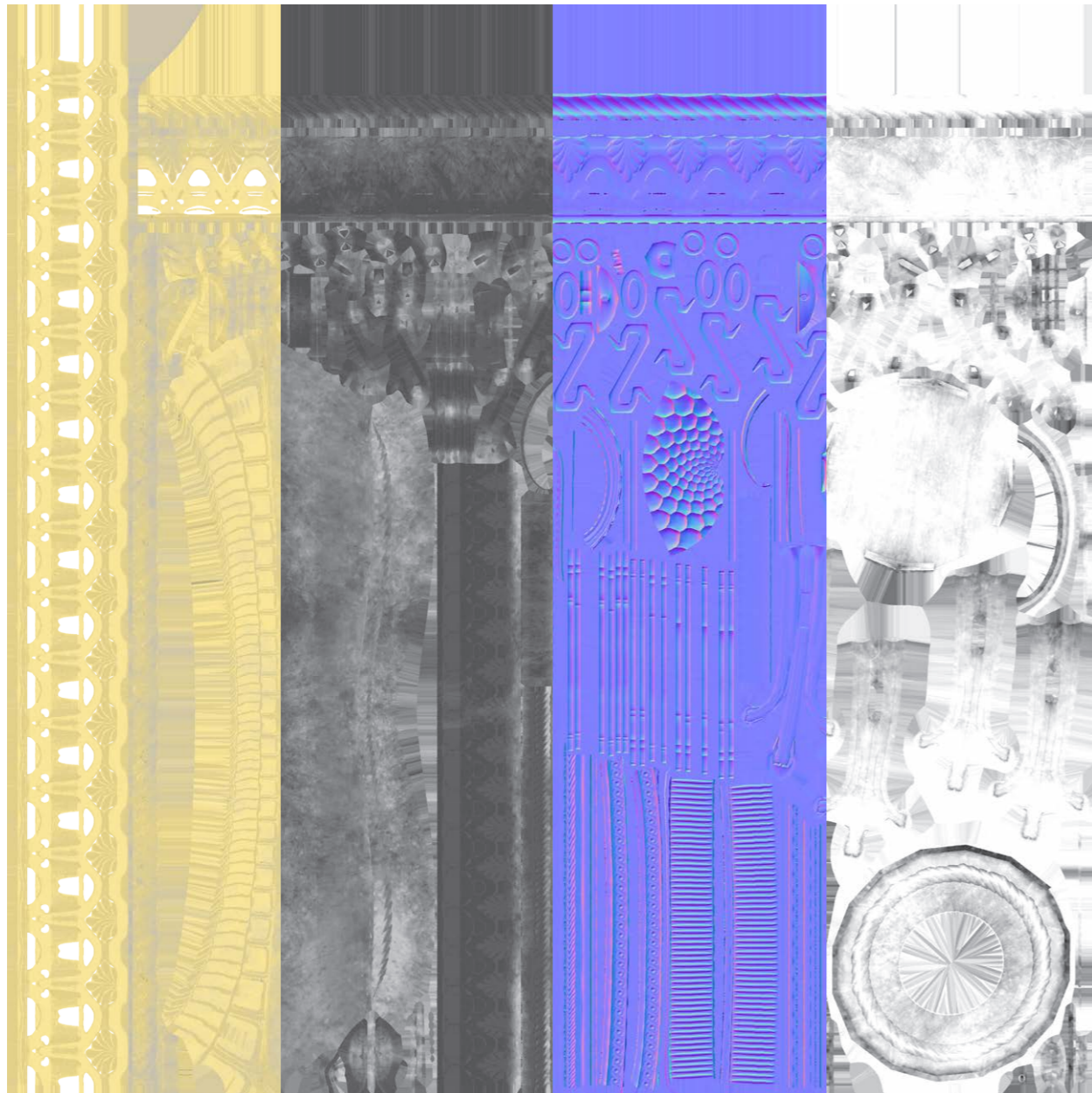


Abb. B-1: Texturen des Ewigen Lichts (rechts)



Abb. B-2: Heiliges Licht, „Wireframe“



Abb. B-3: Heiliges Licht

B. EXKURS: TEXTUREN UND IHRE ERSTELLUNG

Mit diesem Exkurs soll der Leser einen Überblick über die komplexe Welt der Texturen erhalten, um die übrige Arbeit nachvollziehen zu können.

Texturen sind „Überzüge“ für 3D-Modelle, welche im Zusammenspiel den Detailgrad der Geometrie erhöhen, ohne die Geometrie zu verändern. Eine einzelne Textur ist also nur ein Teilbestand eines Materials. Sie bestimmen am wesentlichsten das Aussehen eines Objektes / die Oberfläche.

Zwei Hauptkategorien von Texturen gibt es:

Kachelbaren Texturen:

sind repetitive Texturen, welche in erster Linie auf planare Flächen appliziert werden. Sie dürfen keine sichtbare Nahtstellen aufweisen. Auch sollten sie möglichst homogen wirken, da sonst die repetitive Struktur stark zum Vorschein kommt.

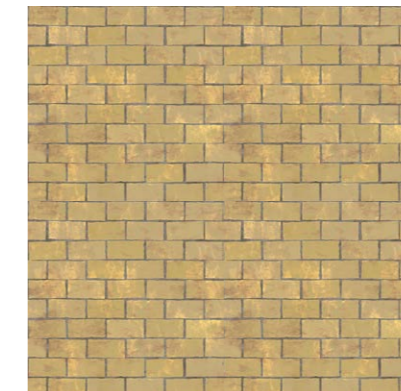


Abb. B-4: Gut kachelbare Textur

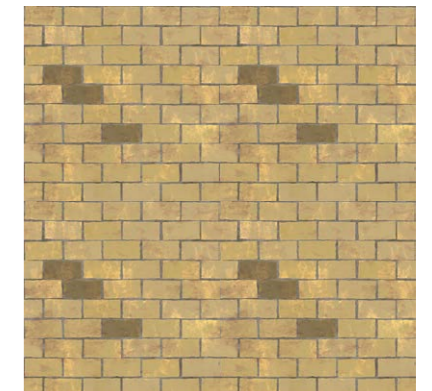


Abb. B-5: Schlecht kachelbare Textur

Einzigartige Texturen:

sind Textur, welche speziell für ein abgewinkeltes Objekt erstellt wurden. (z.B.: Abb. B-1 - Abb. B-3)

Im Gegensatz zu traditionellen Offlinerenderern oder auch ArchiCAD, wo prinzipiell für alle Objekte kachelbare Texturen verwendet werden, muss man bei Echtzeitrenderern Texturen so nutzen, sodass sie über die geringe Auflösung der Objekte hinwegtäuschen - viele Elemente werden nur durch „Tricks“ der Grafikkarte durch Texturen „vorgetäuscht“, da solche Details aus wirklicher Geometrie zu rechenaufwendig wären, z.B.: Details wie Schmutz, Schäden etc. - daher benötigt man einzigartige Texturen, denn jedes Objekt hat spezielle typologi-

sche Eigenschaften, welche sich in den abgewickelten UV-Koordinaten (C.3) widerspiegeln. (Abb. B-6 und Abb. B-7)

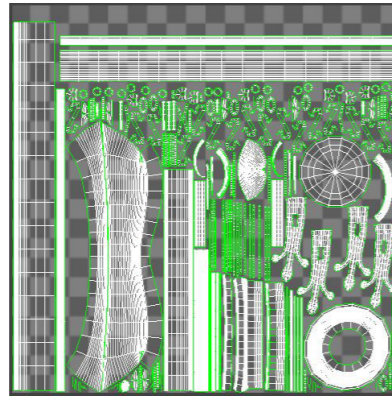


Abb. B-6: UVs des ewigen Lichts

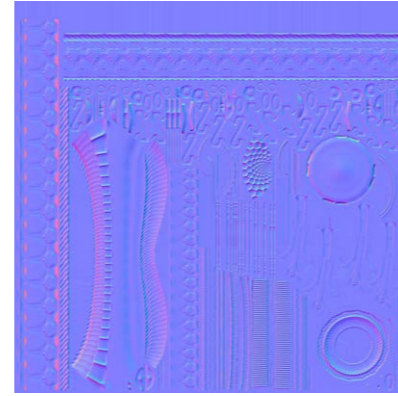


Abb. B-7: Normalmap des ewigen Lichts

Etwas verwirrend ist sicherlich die Verwendung der Bezeichnung „Textur“ und der Verwendung von „Map“ - es handelt sich aber um ein und dasselbe.

B.1 PHYSICALLY-BASED-RENDERING UND DIE DAZUGEHÖRIGE TEXTUREN

Je nachdem, für welche Renderinglösung man sich entschieden hat, werden spezielle Texturen benötigt. Unreal setzt auf sogenanntes „Physically-Based-Rendering“, welches sich zum Standard in der Visualisierungsindustrie entwickelt hat. Darunter versteht man ein komplexes Renderingmodell, mit dem Ziel, das Verhalten von Licht auf einer Oberfläche der realen Welt akkurat nachzuempfinden, mit dem Ziel des Fotorealismus.

Versuchte man mit früheren Modellen die Wirklichkeit durch sogenannte „Shadern“ (bestimmte „Renderingeffekte“) nur nachzuahmen wurde hier analysiert, was bei der Beleuchtung von Körpern wirklich physikalisch an ihrer Oberfläche passiert. Daher wurde mithilfe verschiedenen Messungen, auf dem Energieerhaltungssatz basierende, Algorithmen geschaffen, die ein effizientes Approximieren der Wirklichkeit ermöglichen. Dies alles hat daher großen Einfluss auf die Texturen, welche verwendet werden. Sie müssen sich streng an die grundlegenden Regeln halten, bspw. die Verwendung des linearen Farbraumes für Berechnungen.

Nachfolgend die für PBR-Darstellung entscheidenden drei Texturen:

Albedo/Basecolor-Map: Gibt die diffusen Rückstrahlungsfähigkeit an, die „Grundfarbe“.

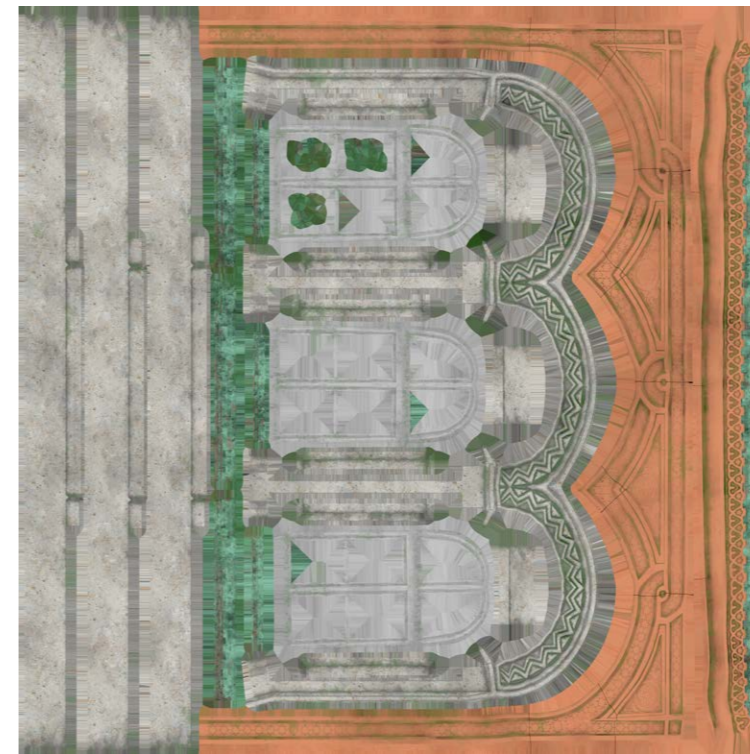


Abb. B-8: Fenster Basecolor-Map

Roughness-Map: Es gilt: Der Einfallswinkel ist gleich dem Ausfallwinkel. Für die Verteilung des reflektierten Lichts ist aber die Oberflächenstruktur der getroffenen Oberfläche entscheidend - Je nachdem wie rau die Oberfläche ist, verändert sich die Verteilung des reflektierten Lichts. Dies wird über diese spezielle Textur angegeben. Sie ist quasi eine Maske und gibt durch Schwarz-Weiß-Werte an, welche Bereiche rau / welche glatt sind. (Weiß bedeutet rau, schwarz glatt.)

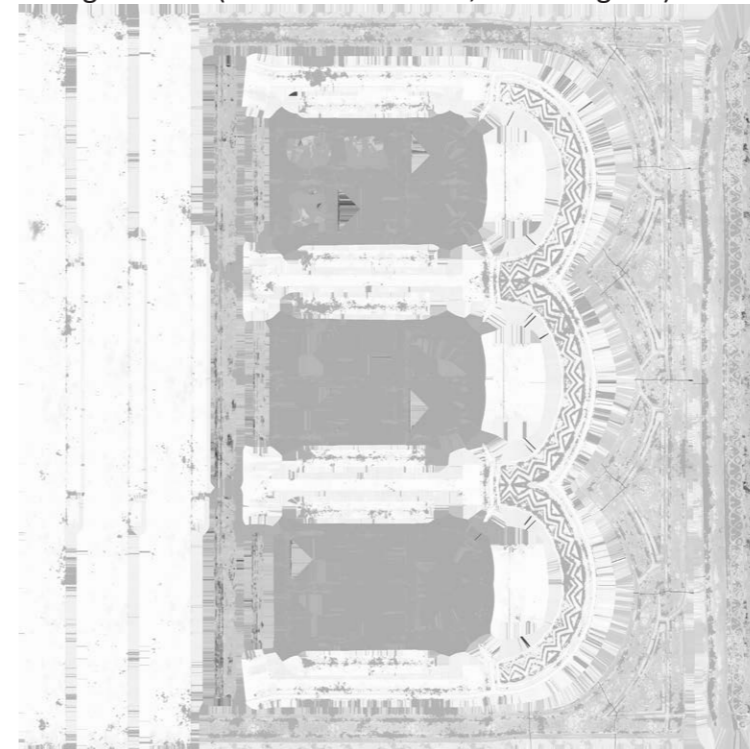


Abb. B-9: Fenster Roughnessmap

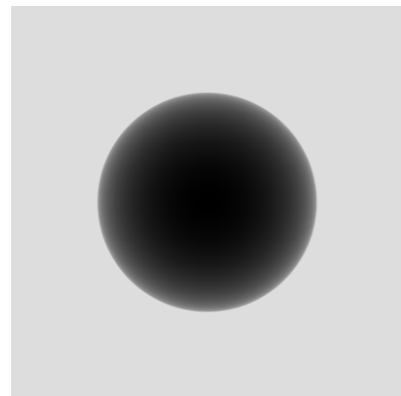


Abb. B-10: Roughness-Map für Abb. B-11

Im folgenden Beispiel kann man den Unterschied recht gut erkennen. Beton und Wasser sind identisch, wenn man von ihrer Roughness-Map absieht.

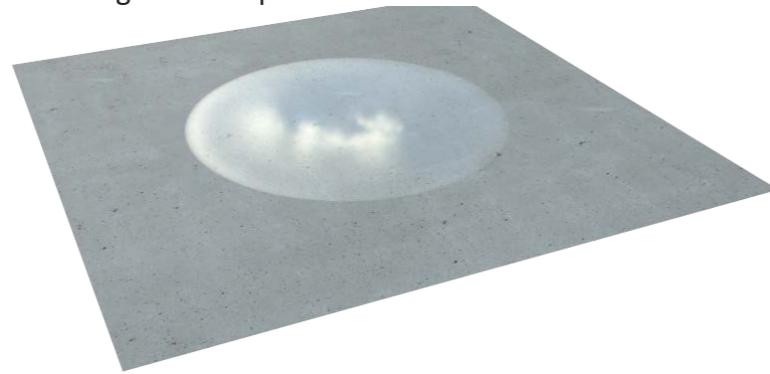


Abb. B-11: Auswirkung der Roughnessmap aus Abb. B-10

Metallic-Map: Die Unterscheidung von Metallen und Nichtmetallen ist für PBR von starker Dringlichkeit, da sich diese beiden Typen physikalisch unterschiedlich verhalten. Diese Textur ist eine Maske, welche durch Schwarz-Weiß-Werte angibt, welche Bereiche metallisch / welche unmetallisch sind. (Weiß bedeutet metallisch, schwarz nichtmetallisch.)



Abb. B-12: Fenster Metallic-Map

Um Videospeicher zu sparen werden die Roughness, Metallic und Ambient Occlusion (B.3.1) häufig zusammen in eine Textur abgespeichert. Dabei belegt jede der Texturen einen der RGB-Kanäle. (Abb. B-13)

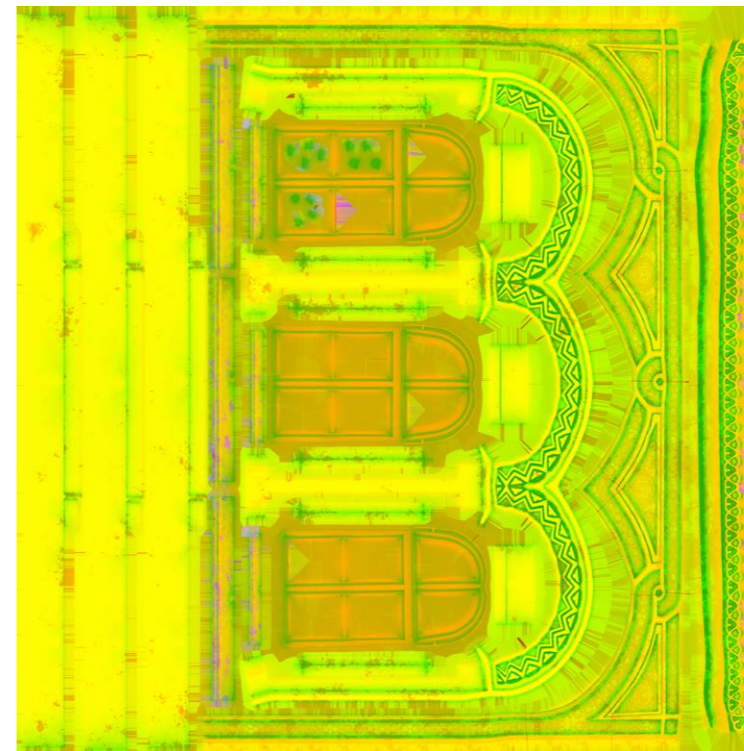


Abb. B-13: Fenster kombinierte Texturen

Zum besseren Verständnis ein einfaches Beispiel, ein Zylinder mit einem roten Material.

Die PBR-Texturen dieses Materials sehen wie folgt aus:

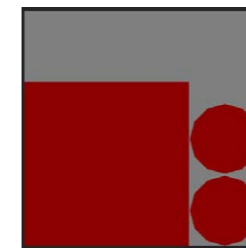


Abb. B-14: Basecolor

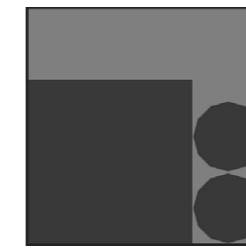


Abb. B-15: Roughness

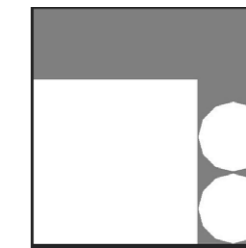


Abb. B-16: Metallic



Abb. B-17: Resultierendes Material

Wie man anhand der Albedo-Map sehen kann, ist die Farbe Rot, anhand der dunklen Roughness-Map, dass sie ziemlich glatt und reflektierend ist und anhand der Metallic-Map, dass sie metallisch ist.

Fügt man nun ein weiteres Material hinzu, z.B.: Schmutz beeinflusst dies alle Texturen:

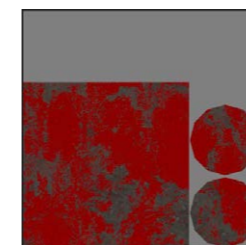


Abb. B-18: Basecolor



Abb. B-19: Roughness

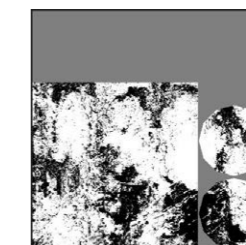


Abb. B-20: Metallic



Abb. B-21: Resultierendes Material

So muss in der Albedo-Map der Farbwert für den Schmutz gespeichert werden (ein Braunton), in der Roughness-Map der

entsprechende Grauwert (relativ weiß da sehr rau) und in der Metallic-Map ebenso der entsprechende Grauwert, wobei hier nur zwischen weiß (→ metallisch) und schwarz (→ nichtmetallisch) unterschieden werden muss, d.h.: in diesem Falle schwarz.

Wie man sieht hängen alle Texturen miteinander zusammen.

B.2 WEITERE FÜR EINE ECHTZEITVISUALISIERUNG BENÖTIGTE TEXTUREN

Die folgenden Texturen gab es bereits auch vor der Einführung von PBR in der Computergrafik. Sie werden weiterhin benutzt, spielen aber für die PBR-Berechnungen keine Rolle:

Height-Map (Bump-Map): Veränderung einer Oberfläche in der Z-Achse werden hier durch Schwarz-Weiss Töne angegeben. Graue Töne (Wert 128,128,128) stellen quasi den Nullpunkt da, hellere Pixel sind Erhebungen, dunklere sind Vertiefungen

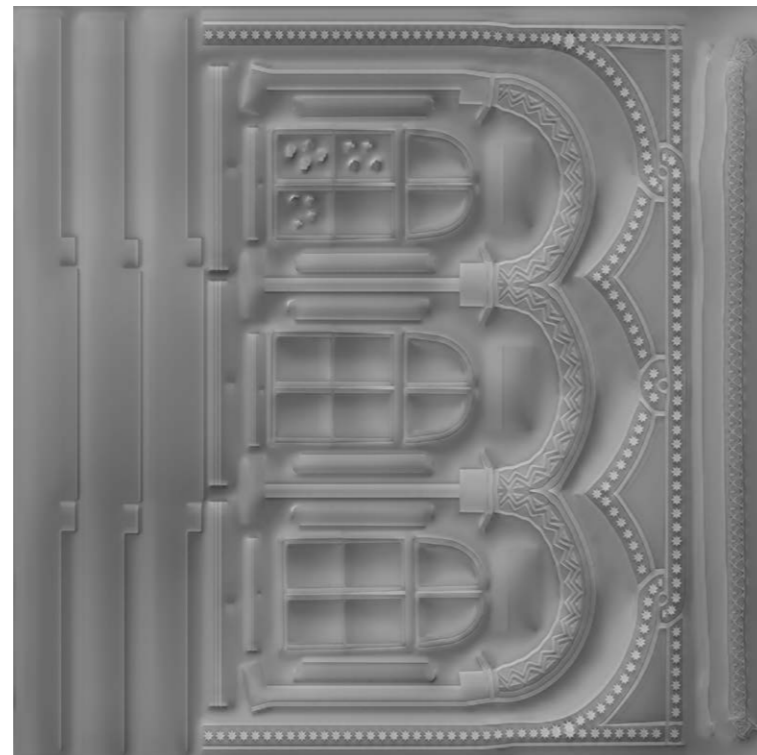


Abb. B-22: Fenster Heightmap

Normal-Map: Sie ist einer Bump-Map ähnlich, jedoch sind hier bereits alle für die Beleuchtung relevanten Informationen innerhalb einer Textur codiert.

Sie wird vor allem dazu verwendet, größeren Detailreichtum in Schattierungen zu erzielen, ohne die Zahl der Polygone zu erhöhen. Normal-Maps verändern die Flächennormalen so, dass die Pixel in alle Richtungen verschoben erscheinen können. D.h.: kleine, für die Silhouette eines Objekts unerhebliche

Details können rein durch die Textur „vorgetäuscht“ werden und müssen nicht modelliert sein.

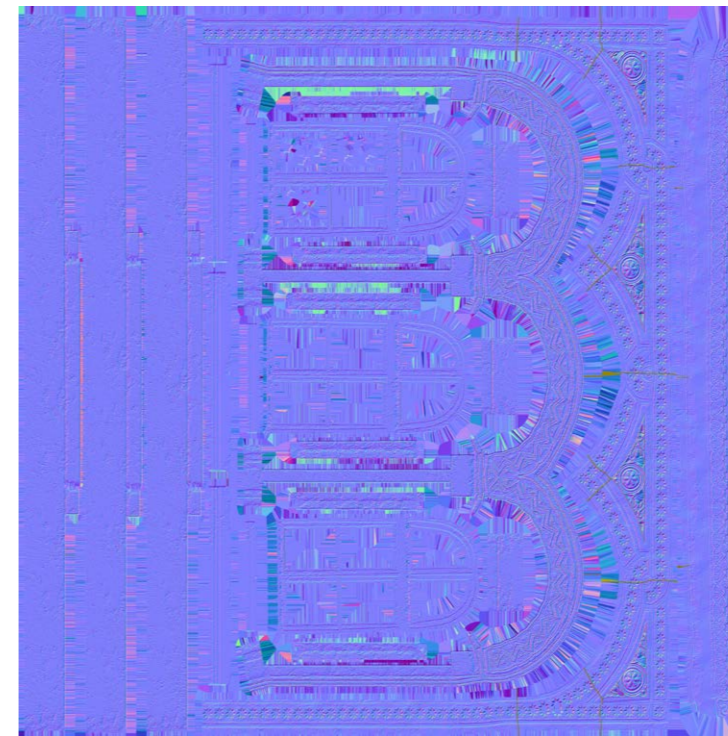


Abb. B-23: Fenster Normalmap

Normal Maps enthalten die Normal-Informationen in Form von RGB Werten, dabei stehen die verschiedenen Kanäle (RGB-Kanäle) einer Textur für eine Richtung der Beleuchtung. (Rot: Beleuchtung in x-Achse, Grün: Beleuchtung in y-Achse, Blau: Beleuchtung in z-Achse)

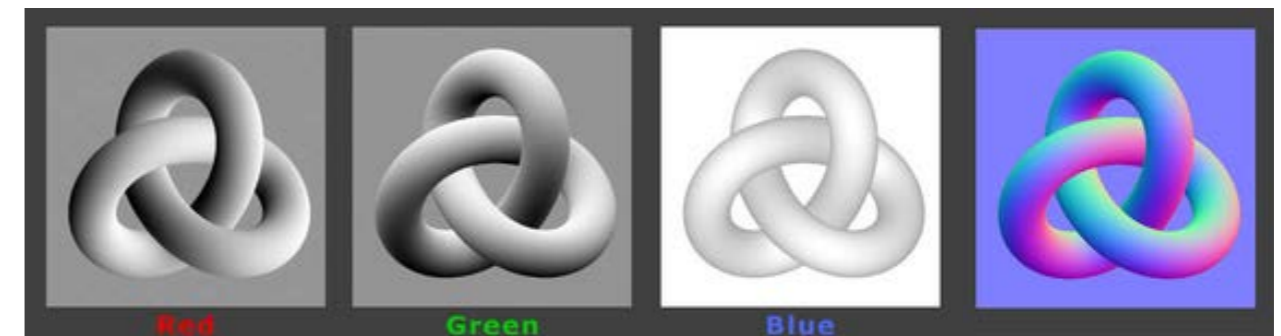


Abb. B-25: Normalmap-Kanäle

Prinzipiell kann man eine Normal-Map auf verschiedene Weise erstellen:

1. Mittels des Baking-Prozesses (B.3.2), welcher Höheninformationen von einem hochauflösten Objekt auf ein niedriges, für eine Echtzeitnutzung optimiertes Modell überträgt. (Abb. B-26)

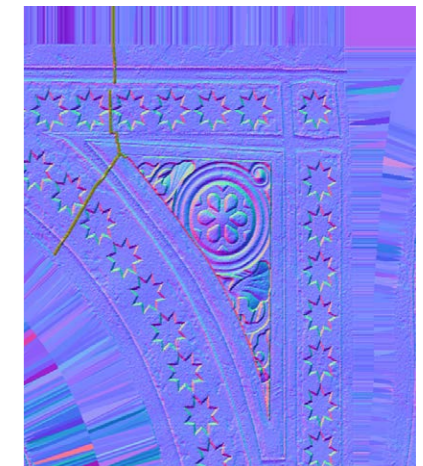


Abb. B-24: Fenster Normalmap Detail

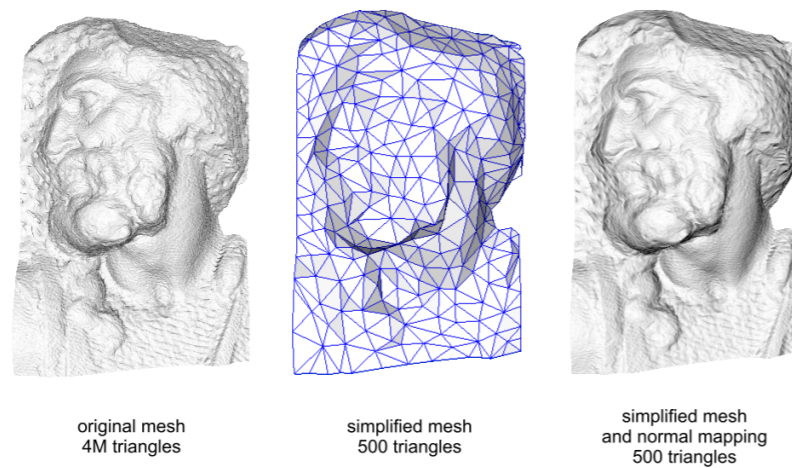


Abb. B-26: Normalmap Beispiel

2. Durch die Ähnlichkeit zur Hight-Map (beide verändern scheinbar eine Oberfläche) ist auch möglich, die Normal-Map aus einer Hight-Map zu konvertieren.

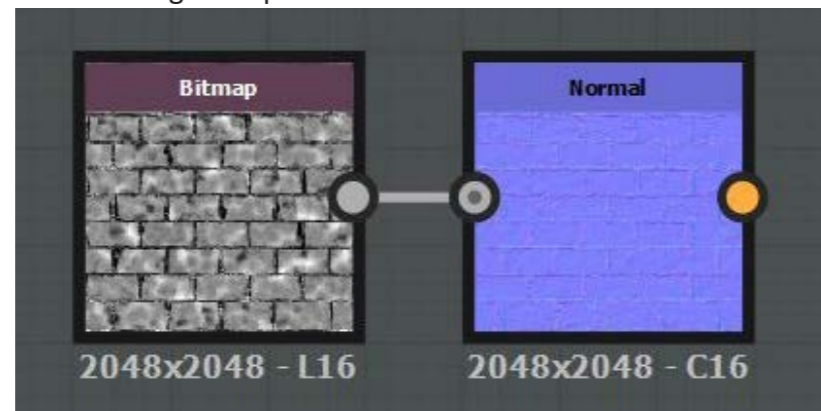


Abb. B-27: Konvertierung Heightmap zur Normalmap

3. Durch „Shader-Tricks“ einiger offline Renderer (z.B.: Mental-Ray in 3ds Max) können scharfe Kanten abgerundet werden und dann ebenso per Baking (B.3.2) in eine Textur gespeichert werden.

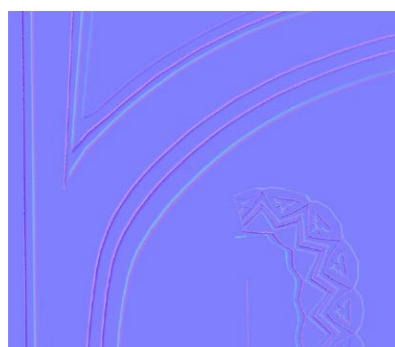


Abb. B-28: Detail abgerundete Kanten

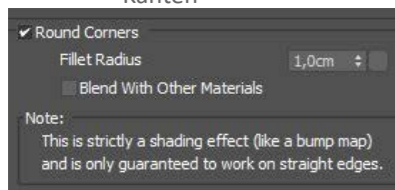


Abb. B-30: Einstellungen Mental-Ray

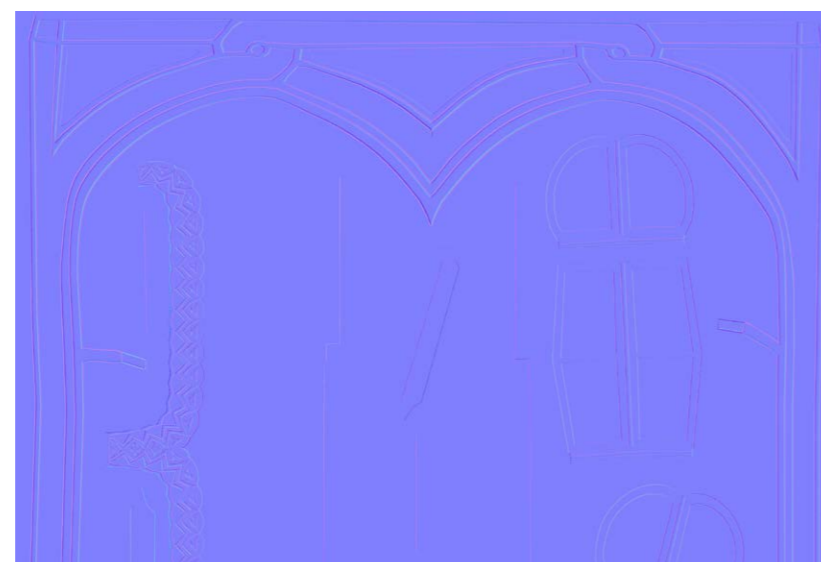


Abb. B-29: Per Shader-Trick abgerundete Kanten

4. Es gibt auch One-Click Lösungen, wie die Software Crazy-Bump, oder Bitmap2Material, welche aus einer einfachen Fotografie Normal-Maps erstellen können. (Abb. B-31) Hierbei kann per Regler die Stärke verschiedener Frequenzen angegeben werden, was die generierte Normal-Map beeinflusst. Diese Ergebnisse lassen aber meist zu wünschen übrig, da sich anhand einer einzigen zweidimensionalen Fotografie nie die realen Höhenwerte ablesen lassen.

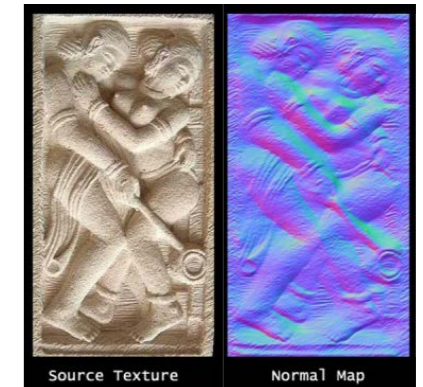


Abb. B-31: Crazybump Fotokonvertierung

Zur Vervollständigung das Beispiel mit dem Zylinder: Die Heightmap muss die Erhebungen des Schmutzes von der Oberfläche darstellen und die Normal-Map die neuen Normalenrichtungen speichern.

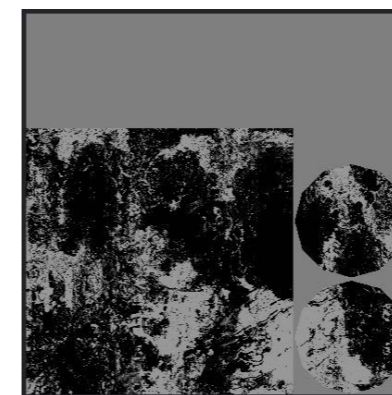


Abb. B-32: Heightmap

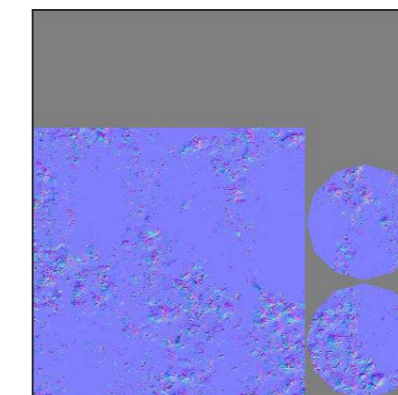


Abb. B-33: Normalmap



Abb. B-34: Resultierendes Material

Zusammen mit den im vorherigen Kapitel vorgestellten Texturen werden diese Texturen ein „Texturset“ genannt.

B.3 EINFÜHRUNG IN DIE ERSTELLUNG VON TEXTUREN

Wurde nun prinzipiell gezeigt, was eine Textur überhaupt ist bzw. welche Texturen für eine Echtzeitvisualisierung benötigt werden, wird nun näher auf die Erstellung selbiger eingegangen.

B.3.1 WICHTIGE MAPS FÜR DIE ERSTELLUNG VON TEXTUREN

Die hier dargelegten Maps werden meist nur für Teilschritte der Texturerstellung benötigt.

Maske: Eine Maske bezeichnet eine Textur, welche durch Grautöne bestimmte Bereiche definiert. Durch Selektieren eines Wertes lassen sich so also bestimmte Regionen auswählen. Im Prinzip sind auch die Roughness- und Metallic-Maps nichts anderes als Masken.

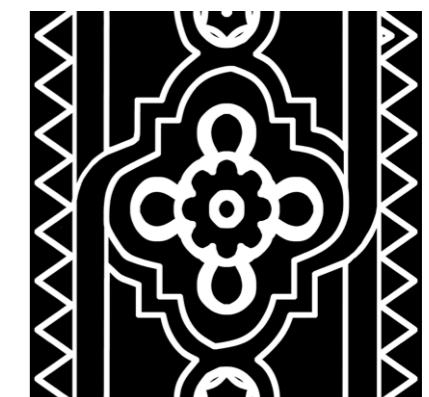


Abb. B-35: Eine Maske

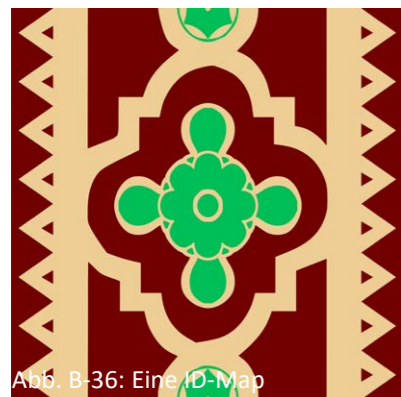


Abb. B-36: Eine ID-Map

ID-Maps: Hierbei handelt es sich auch um eine Maske, jedoch im vollen RGB-Farbtton. Es werden mehrere Masken durch die Aufteilung der Masken in Farben in nur eine Textur codiert.

Nachfolgend werden „Maps“ gezeigt, welche ebenso als „Maske“ dienen können (z.B.: für die Akkumulierung von Staub), jedoch sind die Übergänge weicher:

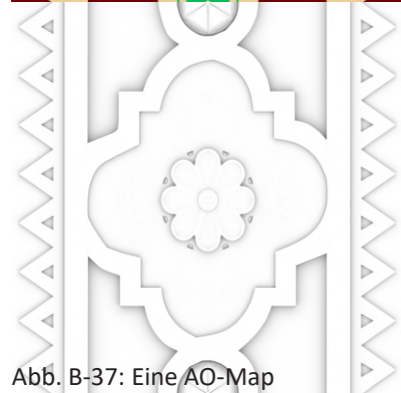


Abb. B-37: Eine AO-Map

Ambient-Occlusion-Map: Diese Textur speichert Beleuchtungsinformationen (weiche Schatten), als ob das Objekt ohne direkte Lichtquelle beleuchtet wurde. (- wie an einem sehr bewölkten Tag). Sie kann in der Echtzeitengine genutzt werden, dient jedoch eher zur Texturerstellung, da die Schwarz-Weiß Werte auch als „Maske“ dienen können, welche Flächen eines Objektes eher z.B.: vor Witterung geschützt sind und welche nicht.

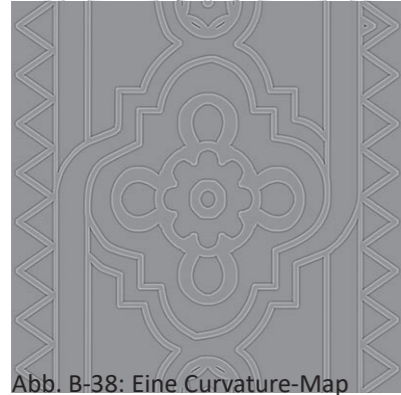


Abb. B-38: Eine Curvature-Map

Curvature-Map: Repräsentieren konvexe/konkave Bereiche einer Oberfläche eines Objektes. Sie lässt sich also z.B.: als Maske für scharfkantige Stellen verwenden. Generiert werden kann sie aus der Normal-Map oder Ambient-Occlusion-Map
World-Space-Normal-Map: Speichert ebenso wie die Normal-Map Richtungen, jedoch nicht bezogen auf die darunterliegende Fläche (Normale) sondern auf die globale xyz-Achse. So lassen sich z.B.: Flächen extrahieren, die nur nach oben zeigen. (z.B.: für die Simulation von Staub wichtig)



Abb. B-39: Quader, Position Map, alle Achsen

Position-Map: Bezeichnet eine Textur, welche Informationen wie Oben/Unten codiert. Kann bezogen auf nur eine Achse (dann Schwarz-Weiß, Abb. B-41) oder auf alle Achsen generiert werden. (dann in vollem RGB-Umfang, Abb. B-40)

Klarer sollte es werden, wenn wir auf unser Beispiel mit dem Zylinder zurückzukommen:



Abb. B-40: Position-Map, alle Achsen



Abb. B-41: Position-Map eine Achse



Abb. B-42: eine Anwendung der Position-Map aus Abb. B-41)

Hier wurden die Informationen der Position-Map (Abb. B-41) genutzt, um eine Maske für den durch Spritzwasser hervorgerufenen Schmutz zu erstellen der nach oben hin abnehmen soll. (Abb. B-42)

B.3.2 DER „BAKING“-PROZESS

Baking von Modellen bezeichnet eine Konvertierung von Information, wobei diese Informationen in Form einer der genannten Texturen gespeichert werden können. Diese Technik gibt es in so gut wie allen modernen 3D-Modellierungsprogrammen. (z.B.: Maya oder 3ds-Max, hier „Render To Texture“ genannt)

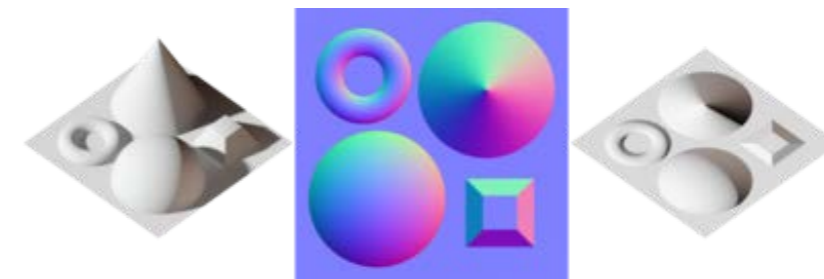


Abb. B-43: „Baken“ der Geometrie auf ein planares Quadrat mittels Normalmap

Prinzipiell gibt es zwei Varianten:

In der einen Variante wird von einem oder mehreren Ausgangsmodellen auf ein Zielmodell projiziert, wodurch die Texturen erstellt werden – z.B.: um hochauflösende Details auf ein niedrig-aufgelöstes Objekt z.B.: per Normalmap zu übertragen. Dieses niedrig-aufgelöste Objekt kann auch einfach eine simple zweidimensionale Fläche sein. (Abb. B-43)



Abb. B-45: Objekt in mehrere IDs unterteilt



Abb. B-46: Die verschiedenen Materialien für die verschiedenen IDs

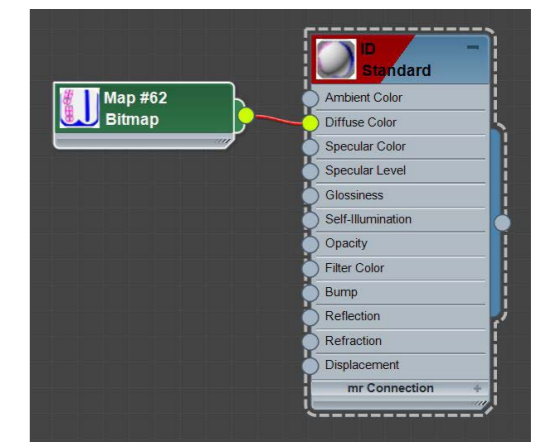


Abb. B-47: Nur mehr eine Textur notwendig (IDs in Textur gespeichert), nur mehr eine ID fürs ganze Modell

In der anderen Variante ist das Ausgangsmodell gleichzeitig das Zielmodell. Dies ist bspw. sinnvoll, wenn man ein Objekt hat, welches mehrere „Material-IDs“ aufweist, d.h. es in mehrere

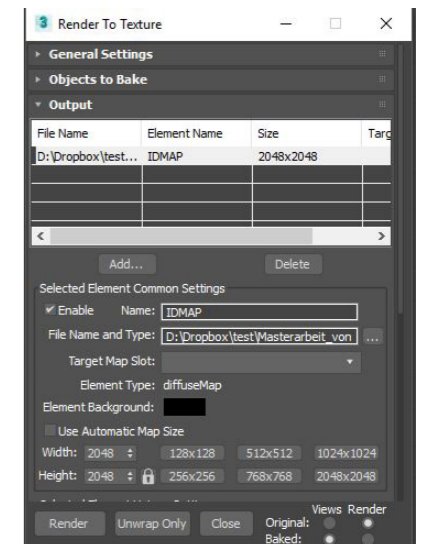


Abb. B-44: „RenderToTexture“ Dialog 3ds Max

Oberflächen unterteilt ist (Abb. B-45) und man diese auf eine einzige Material-ID reduzieren möchte.

„Bakt“ man dieses Objekt mit sich selbst erhält man die selbe Oberflächenunterteilung, nur dass diese danach in eine Textur gespeichert ist. (Abb. B-47) D.h.: nicht mehr per-vertex (von den Polygonen abhängig, welche Oberfläche angezeigt wird) sondern per-pixel (von der Textur abhängig). So lassen sich rasch ID-Maps erstellen, da den Oberflächen nur einfache Farben zugewiesen werden müssen.

Mit dieser Technik können auch nachträglich UV-Änderungen an eigentlich bereits komplett fertig texturierten Objekten vorgenommen werden, ohne extra neue Texturen erstellen zu müssen (ein zweites, bis auf UV-Koordinaten identisches Modell dient als Zielmodell)(Abb. B-48)



Abb. B-48: Baking fertiger Texturen auf neue UV-Koordinaten

B.3.3 PROZEDURALE BZW. SEMI-PROZEDURALE ERSTELLUNG FÜR TEXTUREN

Die sogenannten „prozedurale Texturen“ (d.h.: durch aufeinanderfolgende Befehle erstellte Texturen) sind eine große Zeiterparnis in der Erstellung von Texturen. Mussten früher Texturen abfotografiert werden und sie dann in Photoshop bearbeitet werden, kann man, mit den Programmen der „Substance“-Reihe der Firma Allgorethmic, Texturen von Grund auf neu erstellen, in einer nicht destruktiven, aufeinander aufbauenden Weise. Durch verschiedene Parameter können sie schnell für eigene Zwecke angepasst werden.

Das Programm „**Substance Designer**“ wird vorrangig für das Erstellen von Basismaterialien bzw für kachelbare Texturen verwendet, indem durch eine „Node“¹⁴⁹-Struktur Befehl für Befehl Texturen zusammgebaut werden, welche letztendlich als Bilddateien exportiert oder einer Bibliothek aus Basismaterialien (sogenannten „Substances“ mit der Datenendung .sbar) hinzugefügt werden können. Diese Bibliotheksmaterialien können dann durch offengelegte Parameter den jeweiligen Erfordernissen angepasst werden. (z.B.: eine rote Ziegelwand, Holz, Stucco Lustrato, etc.).

¹⁴⁹ Damit ist eine, auf verbindbare Knoten basierende Struktur gemeint, die eine Befehlsreihenfolge abbildet.

Es existiert sogar ein Plugin für die Unreal-Engine selbst, welche den Import der „Substances“ ermöglicht und die Veränderung der Parameter innerhalb der Engine erlaubt.

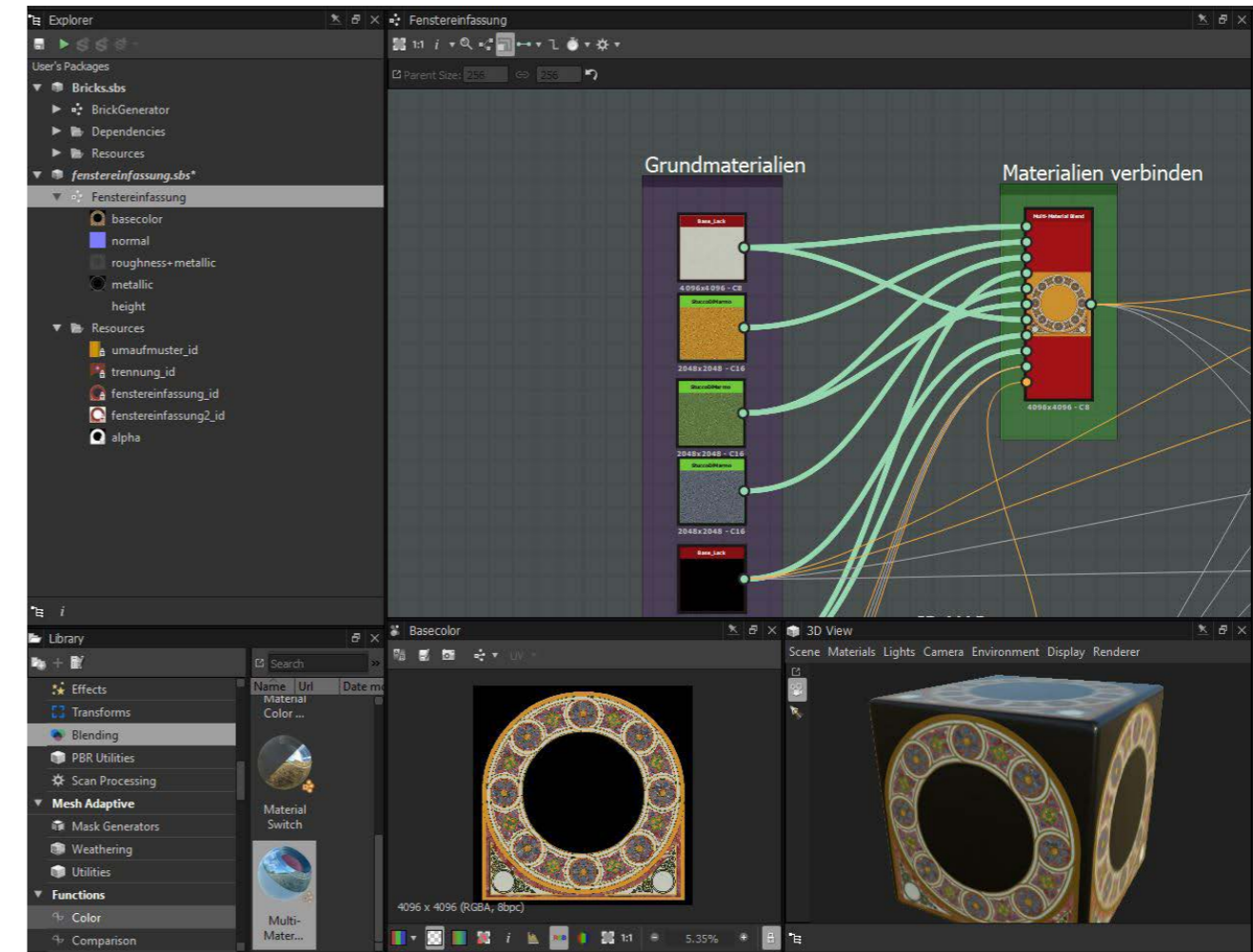


Abb. B-49: Benutzeroberfläche Substance Designer

Insbesondere sich wiederholende Muster oder Texturen, welche auf relativ einfachen Geometrien aufbauen, sind leicht erstellbar.

Ein Beispiel: z.B.: eine sehr einfache Ziegelwand: Ausgehend von einer einfachen Grundform (Rechteck) wird durch das Anwenden eines „Tile-Samples“ eine „Height-Map“ erstellt. (Abb. B-50)

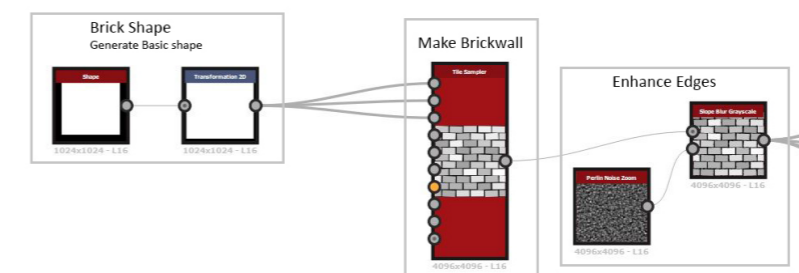


Abb. B-50: Erstellung Ziegeltextur 1

Diese Höheninformationen dient dann der Erstellung weiterer Texturen. (Abb. B-51)

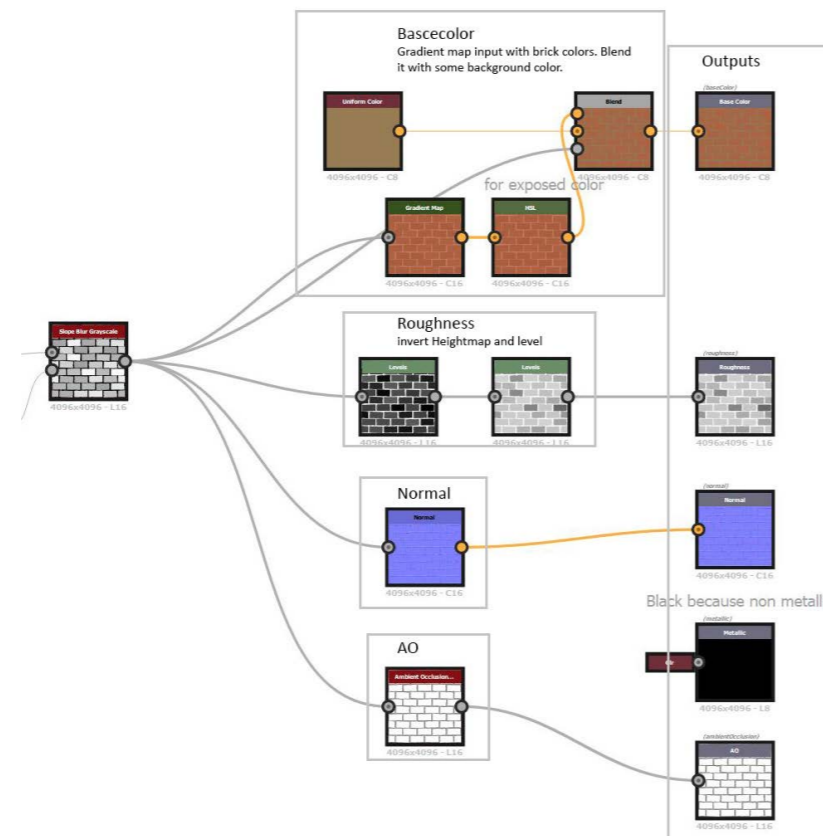


Abb. B-51: Erstellung Ziegeltextur 2

I.d.R. sind die erstellten Materialien aber viel komplexer. (siehe Abb. B-52)

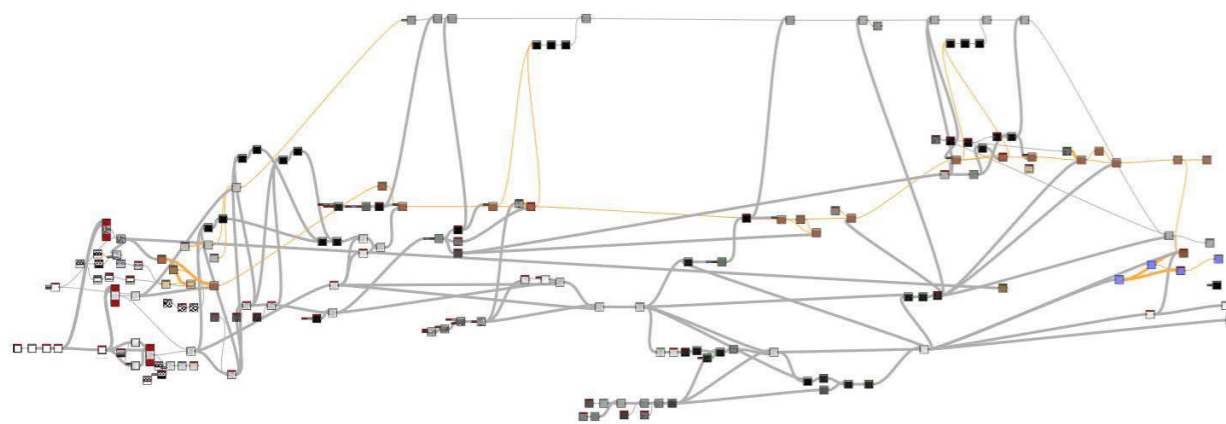


Abb. B-52: Graph der für den Tempel genutzten Ziegeltextur

So kann eine Bibliothek an wiederverwendbaren Basismaterialien erstellt werden. Der größte Vorteil ist, dass man auch nach dem Speichern noch Zugriff auf zuvor freigegebene Parameter hat dieser Materialien, z.B.: die Farbe. Daher ist es möglich z.B.: aus der eben erstellten roten Ziegelwand durch simples

ändern der Parameter eine Gelbe zu erstellen. (Abb. B-53 bzw. Abb. B-54)



Abb. B-53: Colorparameter 1

Abb. B-54: Colorparameter 2

Da man immer wieder auf die gleichen Basismaterialien zurückgreift, ist ein großer Vorteil, dass man stets zueinander passende Ergebnisse erhält.

Substance Designer wird aber ebenso dazu benutzt, um aus diesen Basismaterialien mithilfe von ID-Maps komplexere Texturen zu erstellen, welche aus mehreren dieser Basismaterialien bestehen.

Diese ID-Maps werden meist nicht prozedural erstellt, sondern – wie im Kapitel B.3.2 „Der Baking-Prozess“ bereits erklärt - mit Hilfe in Farben unterteilter dreidimensionaler Modelle „gebacken“. Natürlich kann auch jedes Vektorprogramm oder CAD-Software hierfür genutzt werden, jedoch können durch die Verwendung eines dreidimensionalen Objektes auch besondere Eigenschaften extrahiert werden wie z.B.: Height-Map, Ambient-Occlusion-Map etc, welche wiederum als Maske für etwas anderes dienen konnten.

Die fertigen, aus mehreren Basismaterialien kombinierte Texturen können dann exportiert werden.

Ein Beispiel wäre z.B.: die im Kapitel 5.1.2 in der Abb. 5-33 gezeigte Textur.

Um einzigartige Texturen für einzelne Elemente (wie Säulen, Lampen, Bänke etc.) zu erstellen nutzt man das Programm „**Substance Painter**“.

Im Prinzip handelt es sich um ein layer-basiertes artistisches 3D-Texturierungsprogramm mit Malfunktionen, welches jedoch durch prozedurale Funktionen erweitert wird. Das Layersystem erinnert hierbei an Photoshop. Zusätzlich können gruppierte Layer als ein „Smart-Material“ gespeichert und wiederverwendet werden.

Der in den vorherigen Kapiteln als Anschauungsobjekt dienende Zylinder wurde mithilfe dieser Software texturiert. (z.B.: Abb. B-17)

Ebenso können hier die Basismaterialien, welche in „Substance Designer“ erstellt wurden, genutzt werden und z.B.: mit Hilfe von Masken platziert werden. Aber auch Maps wie die Ambient-Occlusion-Map oder wie im Falle des Zylinders die Positi-

on-Map (Abb. B-42) können hier effektiv als Maske genutzt werden.

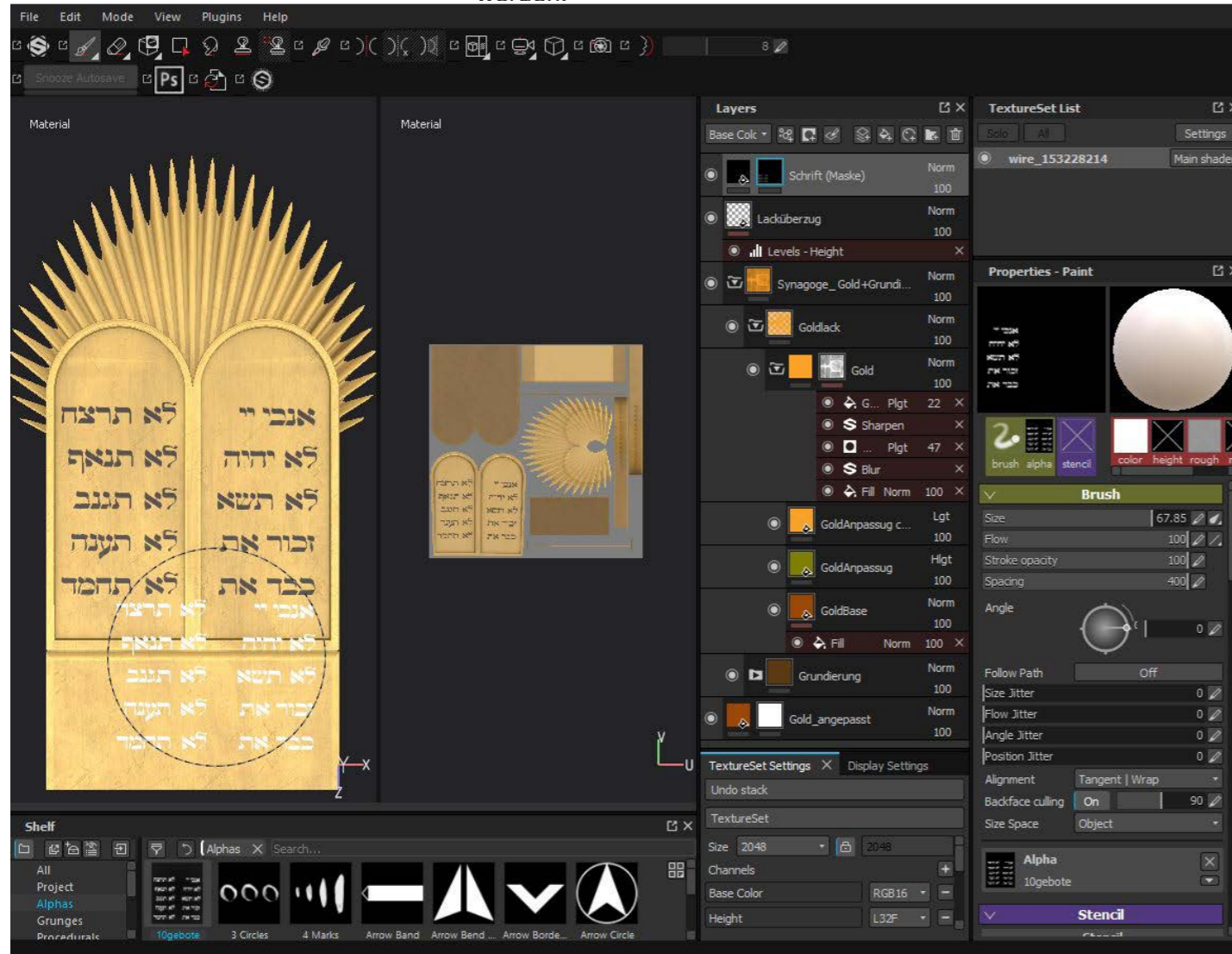


Abb. B-55: Benutzeroberfläche Substance Painter (zeigt das Mal-Tool, zusätzlich wird eine Alphamap genutzt)

Das Programm erlaubt „Channel“ (=Maps) übergreifendes Arbeiten - d.h. es kann bspw. gleichzeitig Heightmap- und Roughnessinformation „gemalt“ werden. Dies ist besonders bei der Erstellung von Texturen durch Photogrammetrie (B.3.5) sehr hilfreich. (z.B.: um sie mit dem Kopierstempel kachelbar zu machen, Abb. B-56 und Abb. B-57)

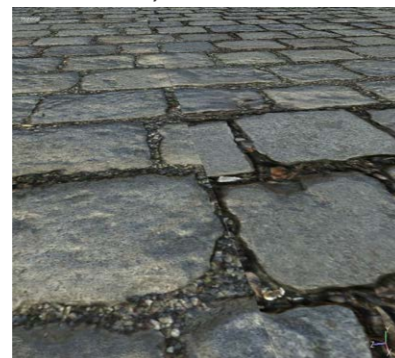


Abb. B-56: Nicht kachelbare Textur

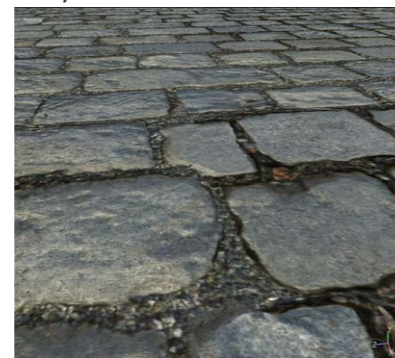


Abb. B-57: Mit dem Kopierstempel in Substance Painter kachelbar gemachte Textur

B.3.4 HÄNDISCHE ERSTELLUNG VON TEXTUREN

Nicht immer kann auf fotografische Texturen oder prozedurale Texturen zurückgegriffen werden. Manche Texturen sind auch einfach zu komplex um sie prozedural (in einem vernünftigen Zeitaufwand) erstellen zu können. Dann müssen Texturen mithilfe „digitalen Malens“ erstellt werden. Dafür wird ein geeignetes digitales Zeichenbrett (z.B.: Wacom Intuos) und ein gutes Malprogramm benötigt (z.B.: Photoshop oder Corel Painter X, letztgenanntes simuliert selbst den Malgrund und die verwendete Maltechnik, z.B.: Wasserfarbe auf Papier, benötigt dann „Trocknungs“-Zeit etc.) Meistens wird diese Technik aber nur für „stilisierte“ Texturen in Videospiele verwendet. (Abb. B-59)



Abb. B-58: Wacom Intuos



Abb. B-59: Händisch gemalte stilisierte Textur

B.3.5 VERWENDUNG VON PHOTOGRAMMETRIE ZUR ERSTELLUNG VON TEXTUREN

Um möglichst realistische Texturen zu erhalten wird häufig die bereits im Kapitel 4.1.2 beschriebene Technik der Photogrammetrie genutzt, um verschiedene Oberflächen zu „scannen“. Auch hierfür wird ein Bereich aus verschiedenen Winkeln abfotografiert. Dieser ist jedoch sehr klein, um ein hochauflösendes Modell zu bekommen, in der jede Unebenheit korrekt dargestellt wird. Diese „Scans“ (im Prinzip texturierte und hochaufgelöste 3D-Modelle) wurden ebenso auf ein Quadrat „gebaked“, um die verschiedenen Texturen zu erhalten. Am wichtigsten sind hierbei die Höheninformationen in Form der „Height-Map“ und die Farbwerte in Form der „Albedo/Basecolor“-Map. Bei Scans im Sonnenlicht kommt es öfters zu abgebildeten Schatten, welche durch den Prozess des „De-Lighting“¹⁵⁰, entfernt werden müssen, um möglichst „neutrale“ Werte zu erhalten, d.h.: ohne abgebildete Lichtinformation. (eine saubere „Albedo“-Map, Abb. B-60)

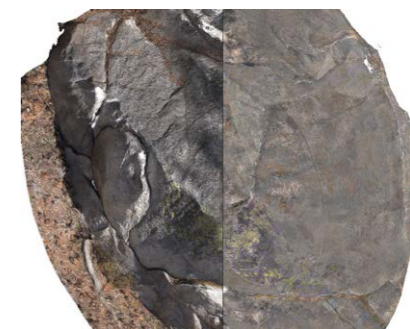


Abb. B-60: Linke Hälfte „Lit“, Rechte „De-Lit“

Mit Hilfe der gewonnen Texturen können dann die anderen notwendigen Texturen (Roughness, Metallic, Normal) erstellt werden.

¹⁵⁰ d.h.: der Schatten wird entweder durch manuelle Korrekturen in Photoshop (u.A. in Kombination mit Highpass-Filter) entfernt oder man versucht, dass zum Zeitpunkt der Aufnahme herrschende Lichtszenario am PC nachzustellen. Invertiert man diese Beleuchtungsinformationen und subtrahiert man sie von der Ausgangstextur, erhält man bestenfalls ein Bild ohne Schatteninformationen. Diese Vorgehensweise verwendet auch das in der Engine „Unity“ bereits integrierte De-Lighting-Tool.

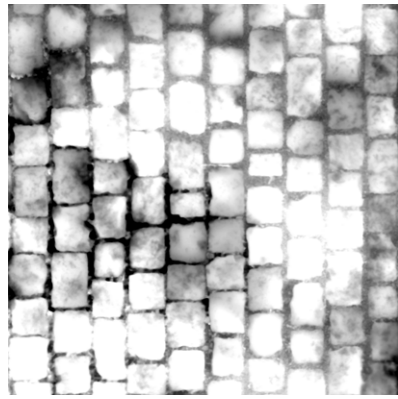


Abb. B-61: Heightmap



Abb. B-62: Basecolor

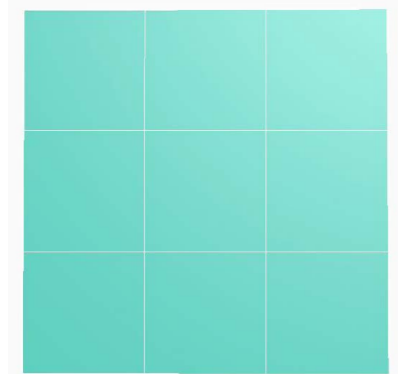


Abb. B-63: „Tiling-Plane“ Polytopologie



Abb. B-64: „Tiling-Plane“ in Substance

Ein Beispiel: Ein Pflasterboden vor dem Heeresgeschichtlichen Museum in Wien. Dieser wurde aus möglichst vielen verschiedenen Richtungen und Höhen „überlappend“¹⁵¹ fotografiert, sodass alle Standpunkte zusammen in etwa eine Halbkugel ergeben. (Abb. B-66) Daraus wurde mit Hilfe der Software „Recap360“ ein hochauflösendes Mesh erstellt. Mittels „Baking“ auf ein Quadrat wurde anschließend die Hight-Map und die Basecolor-Map übertragen. (Abb. B-61 und Abb. B-62) Die Basecolor-Map enthält keine unerwünschten Schatten, welche durch ungünstiges Sonnenlicht auftreten können, sodass sie ohne Probleme weiter verwendet werden kann. (ohne De-Lighting)

Danach wurde diese Texturen zusammen mit einem Quadrat in „Substance Painter“ importiert. Dieses Quadrat ist unterteilt in 9 weitere Quadrate, wobei jedes der Quadrate dem UV-Raum 0 bis 1 entspricht. (Abb. B-63) Daher werden die Texturen auch neun-mal aufgetragen und somit werden die Nahtstellen sichtbar. (Abb. B-64) Diese Nahtstellen galt es nun mit dem Kopierstempel händisch zu beseitigen. (Abb. B-56 und Abb. B-57)

Danach wurde aus den nun kachelbaren Texturen noch die Roughness-Map mittels verschiedener Operatoren innerhalb von Substance Designer erstellt, die Metallic-Map ist in diesem Fall natürlich einfach schwarz.

Mit geeignetem Equipment würden sich auch diese speziellen „PBR“-Texturen direkt vor Ort akkurat extrahieren lassen¹⁵², jedoch ist das Schätzen dieser Texturen natürlich um einiges schneller zu bewerkstelligen und bei einer sorgfältigen Herangehensweise auch nicht wirklich von akkurat gescannten Oberflächen zu unterscheiden.

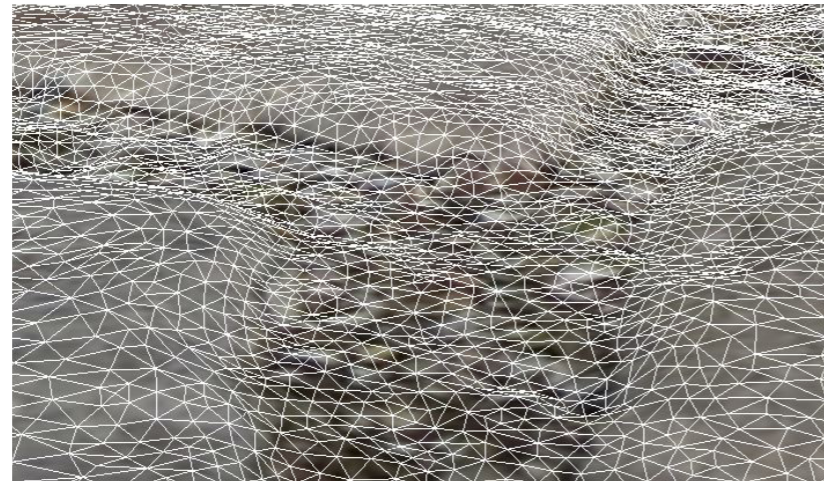


Abb. B-65: Detail - Auflösung des Photogrammetrie-Modells



Abb. B-66: Photogrammetrie-Modell mit Kamerapositionen

151 d.h.: das geschossene Foto enthält Bereiche des davor geschossenen Fotos

152 siehe „Megascans“ der Firma Quixel, eine Bibliothek von eingescannten Materialien

C. EXKURS: EINFÜHRUNG IN DIE UNREAL ENGINE

Die Software „Unreal-Engine“ ist äußerst komplex und weist viele verschiedene Bereiche auf. Um das Lesen dieser Arbeit auch einem ungeübten Leser zu ermöglichen, folgt dieser Exkurs, welcher die wesentlichen Punkte umfasst. Natürlich gibt es auch eine umfangreiche Dokumentation seitens des Herstellers „Epic-Games“, welche der Verfasser Jedem bei Problemen der Lesbarkeit ans Herz legen kann. (<https://docs.unrealengine.com/en-us/>)

Die Unreal-Engine ist eine Spiel-Engine der Firma „Epic Games“, welche in den letzten Jahren aber auch abseits der Spieleindustrie Fuß fasste. Seit dem 2. März 2015 ist die Engine kostenfrei – auch kommerziell – bis zu einem Umsatz von 3000\$ nutzbar. Erwirtschaftet das Produkt über 3000\$, verlangt Epic Games eine Beteiligung von fünf Prozent am Bruttoumsatz. Der Quellcode steht allen Entwicklern gleichermaßen offen.

Die Unreal-Engine (Abk: UE) ermöglicht es, unabhängige „Standalone“ Echtzeivisualisierungen zu erstellen – d.h.: es wird kein „Viewer“ benötigt. Vielmehr müssen sämtliche Funktionen selbst implementiert werden (Menüs, Steuerungsmöglichkeiten etc.) – die UE selbst ist dabei nur die Umgebung, „das technische Grundgerüst“.

Natürlich erscheint dies zuerst als Nachteil fertigen Softwarelösungen gegenüber, jedoch bedeutet dies auch, dass besonders „maßgeschneiderte“ Visualisierungen möglich sind, ohne eine „Middleware“ oder „Standardware“ nutzen zu müssen - Hier ist es möglich, sich ohne Einschränkungen kreativ zu betätigen. Da sie im Grunde eine „Videospiele-Engine“ ist, beinhaltet sie viele Funktionen, welche auch für die Entwicklung von Software anderer Themen nützlich ist – so lassen sich leicht Applikationen für die verschiedensten Geräte erstellen, von Smartphones zu Computern zu AppleTVs ist alles möglich. Bezogen auf die Architekturbranche können so bereits kleine Architekturbüros sich selbst eine Softwareumgebung bzw. einen Bausatz schaffen, welche bei all ihren Visualisierungsprojekten angewendet werden können. Interessant ist sie insbesondere für spezielle Aufgabenzwecke, wofür es noch keine vorgefertigten Lösungen gibt.

Nachfolgend ein paar dieser Themen. Auch wenn nicht zwangsläufig ein Architekturkontext vorhanden ist, soll damit die große Bandbreite dieser Engine gezeigt werden:

Abb. C-1: „Lighting only“-Viewomode (ALT+6) in Unreal



Abb. C-2: Mixed-Reality (The Weather Channel)

Interaktive Architekturvisualisierungen, Filmproduktionen (sowohl in Ausführung wie auch in der Prävisualisierung), TV-Produktionen (Animationsserien (Abb. C-3), Nachrichtensendungen, Wettersendungen (Abb. C-2), Sportsendungen), Automobilindustrie (Auto-Konfiguratoren (Abb. C-4), Virtuelle Straßenzüge zum „Trainieren“ von autonomen Fahrzeugen (Abb. C-5)), Lernsoftware, Digitale Museen etc.



Abb. C-3: Serie „Zafari“

Mithilfe der UE lassen sich also individuelle Software-Lösungen schaffen, welche über den „klassischen“ Arbeitsbereich eines Architekten hinausgehen. Solche Projekte muss man als Architekt als interdisziplinär ansehen, da mehrere Professionen hier zusammen kommen - Architekten spielen aber hier eine immer größer werdende Rolle.



Abb. C-4: McLaren Car Configurator

C.1 DIE ARBEITSUMGEBUNG UND DAS „LEVEL“-SYSTEM



Abb. C-5: Microsoft „AirSim“

Die UE wird durch den „Epic-Launcher“ gestartet. (Abb. C-6) Hier kann man auch auf bestehende Projekte zugreifen, die UE auf eine neue Version updaten oder „Assets“ (Objekte, Musik, Effekte etc.), welche im eigenen Projekt eingebaut werden können, im „Marktplatz“ gegen Echtgeld kaufen. Natürlich ist es auch möglich, eigene Assets zum Verkauf anzubieten.

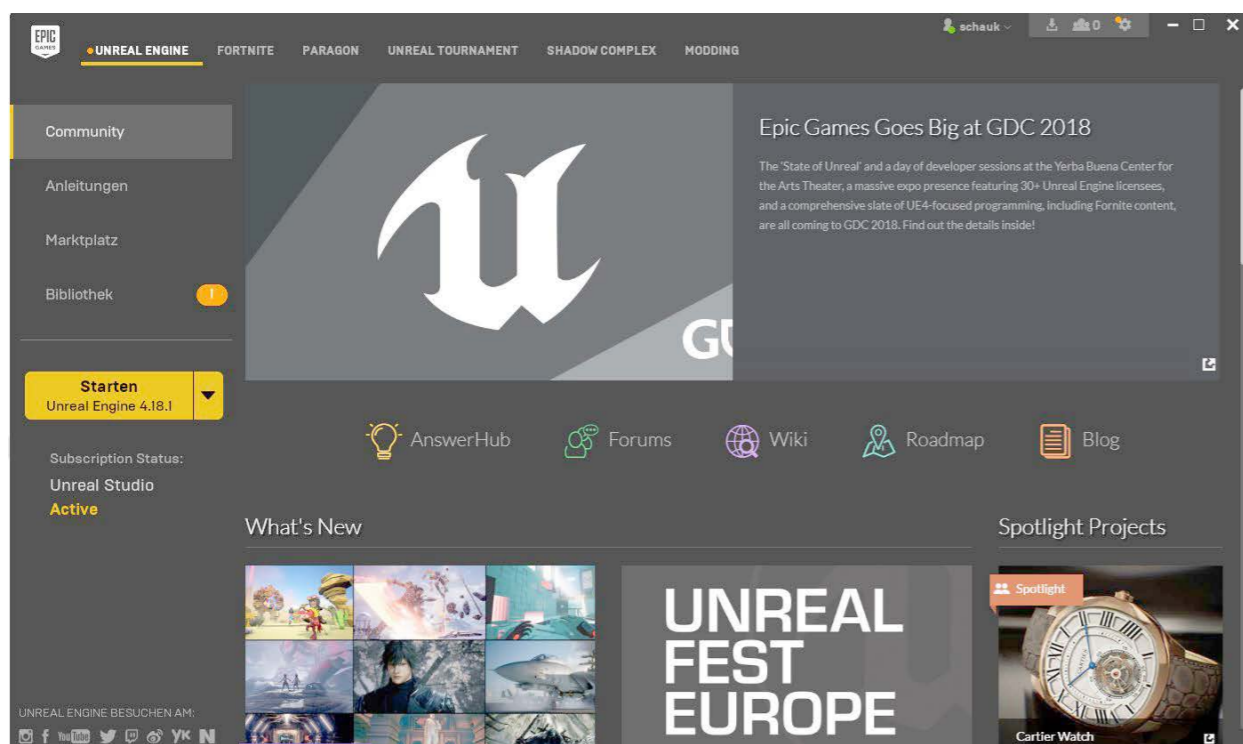


Abb. C-6: Der „Epic-Launcher“

Nach dem Starten der UE über den gelben Knopf kann ein neues Projekt angelegt werden. Hier kann man sich für einige „Templates“ (Projekte, welche bereits einige hilfreiche Basisfunktionen enthalten, wie z.B.: dem „First-Person“-Template) oder einem komplett „leeren“ Projekt entscheiden. (Abb. C-7) Unter den Templates kann man sich auch zwischen Blueprint-Projekten und c++-Projekten entscheiden. (hier sei vorweggegriffen: ein Blueprint-Projekt ist für eine einfache Architekturvisualisierung zu empfehlen.)

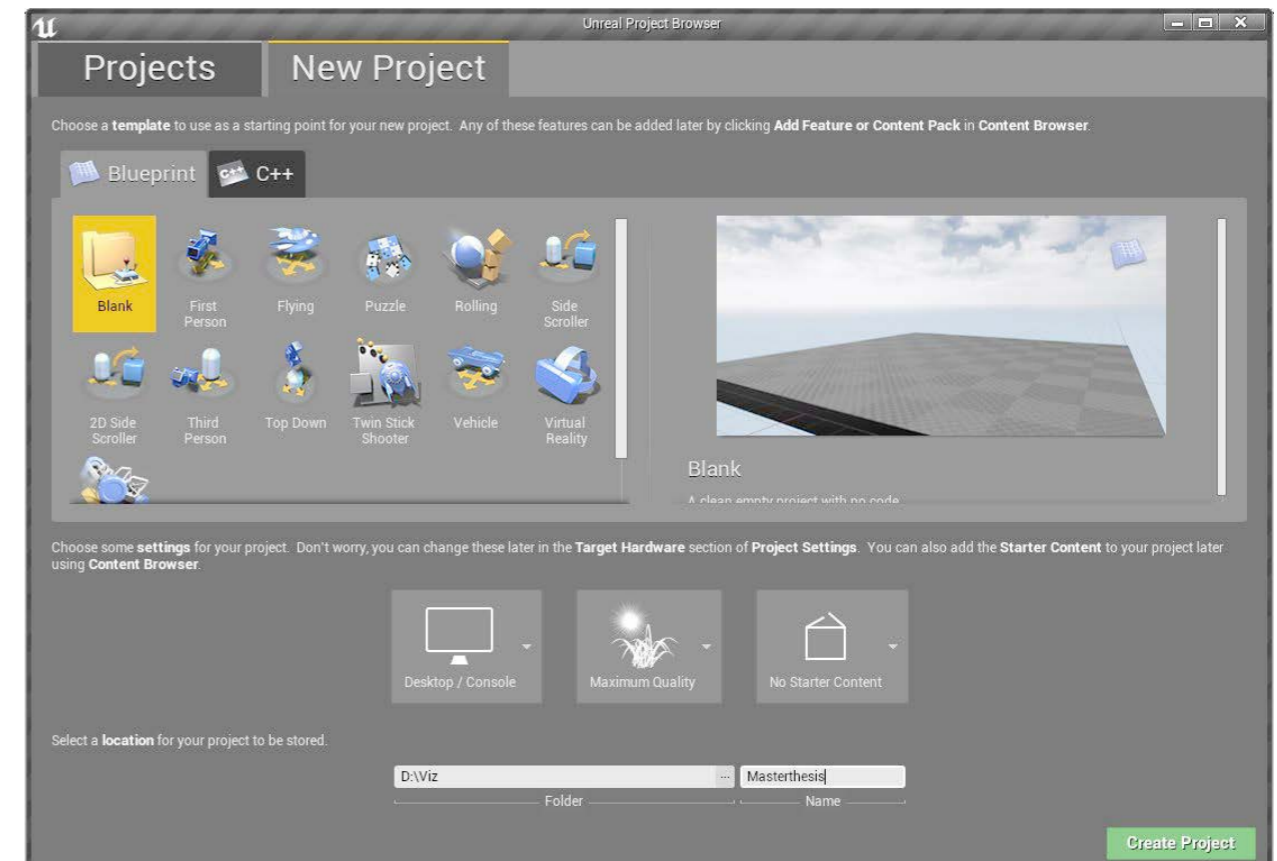


Abb. C-7: „Unreal-Project-Browser“

Daraufhin wird die Arbeitsumgebung geöffnet, der Unreal „Editor“.

Anhand des Bilds auf der nächsten Seite (Abb. C-8) sei kurz die Benutzeroberfläche gezeigt und die prinzipiellen Funktionsweisen erklärt:

Die obere Bildleiste (1) kontrolliert den Editor, hier sind neben der Speicher-Funktion auch andere wichtige Funktionen angeheftet (z.B.: wird die Visualisierung innerhalb des Editors über „Play“ gestartet) - über Drop-Dows Menüs gibt es außerdem weitere Auswahlmöglichkeiten.

Am unteren Bildende befindet sich der „Contentbrowser“ (2), welcher all die importierten Objekte („Assets“) beinhaltet. Per simplen Drag&Drop können hier Objekte hinzugefügt werden. Das linke Bilddrittel (3) zeigt Basisobjekte (Lichtquellen, geometrische Formen etc). Hier kann über verschiedene Reiter zwischen verschiedenen Modi umgeschaltet werden,

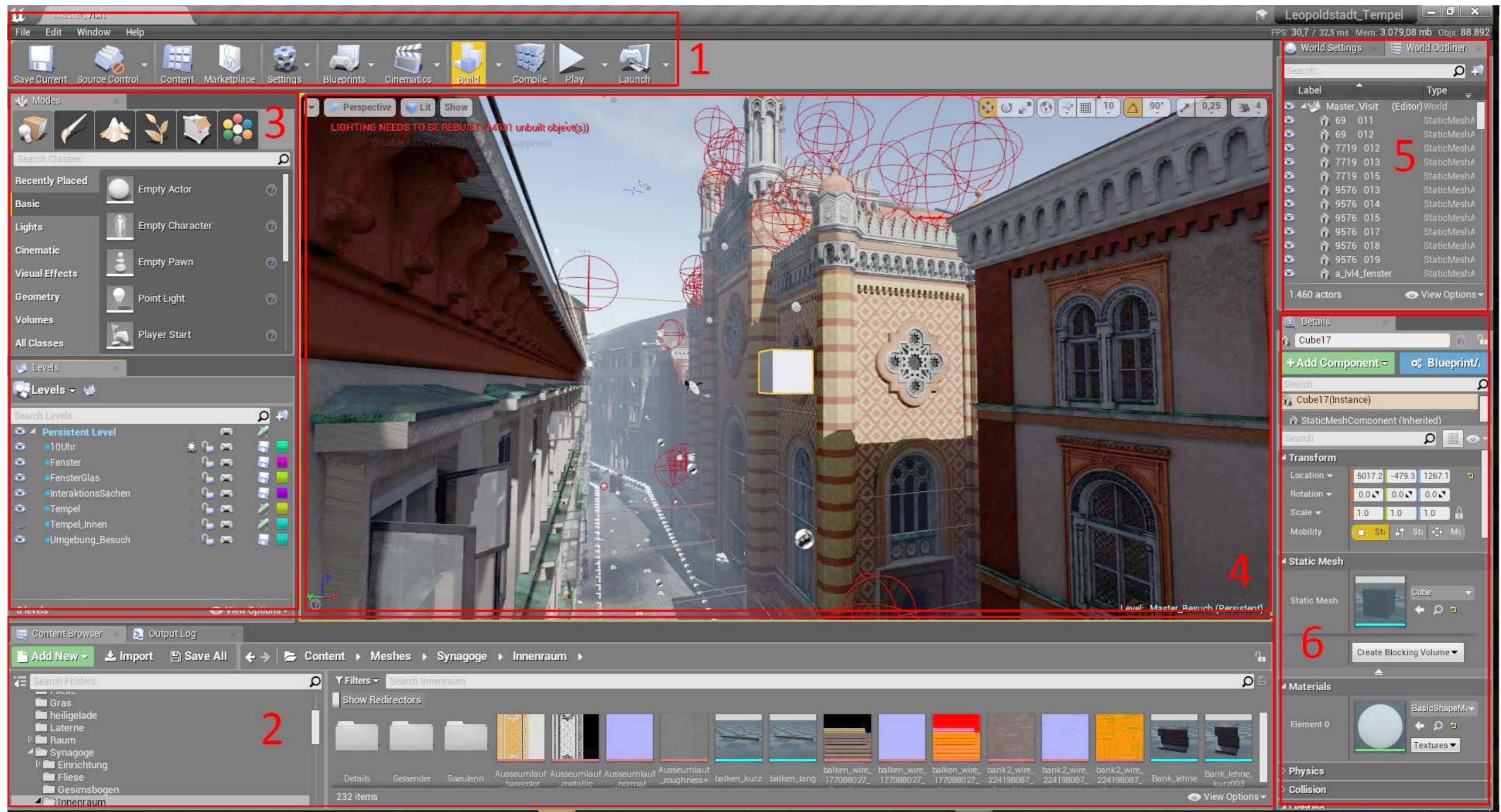


Abb. C-8: Unreal Editor UI

welche aber für diese grundlegende Erklärung zu vernachlässigen sind.

Wie in jedem 3D-Programm nutzt man einen oder mehrere „Viewports“ um sich zu bewegen. Hier können Objekte per „Drag & Drop“ platziert werden. Dieser Viewport (4) zeigt den aktuell geöffneten „Level“ an. (in einer Architekturvisualisierung ist besser von „Szene“ zu sprechen). Alle Objekte, welche man in einer Visualisierung in UE4 sieht oder mit denen man interagiert, befinden sich in so einem Level.

In diesem Fall ist der Level „Master_Visit“ geöffnet - wie im Outliner oben rechts zu erkennen ist.(5) Hier wird außerdem eine Liste der Objekte des aktuellen Levels gezeigt. Darunter die Details des angeklickten Objektes (in diesem Fall des Würfels in der Bildmitte) (6) Jedes Projekt kann mehrere Levels enthalten und der Nutzer kann z.B.: durch eine programmierte Funktion den Level wechseln. (z.B.: beim Betreten eines Hauses) Die Größe der Levels ist nicht wirklich beschränkt - von der Größe eines kleinen Raumes bis zu der einer riesigen Landschaft ist alles

möglich. Es ist auch möglich, mehrere Level einem sogenannten „Masterlevel“ zuzuweisen. In diesem gezeigten Fall wurden sieben Sub-Level dem Masterlevel „Master_Visit“ (hier „Persistent Level“ genannt) zugewiesen. Durch dieses System können einzelne Abschnitte als eigene Level erstellt werden, und durch den Masterlevel, welcher Funktionen enthalten kann, ein- und ausgeblendet werden. Spezielle Level können auch nur Bleuchtungsinhalte enthalten (durch Rechtsklick auf den Sublevel), hier gekennzeichnet durch die kleine Sonne. („Bleuchtungsszenarien“, in diesem Fall fungiert der Level „10 Uhr“ als so ein Bleuchtungslevel.) Dadurch müssen die anderen Level überhaupt keine Beleuchtungselemente enthalten, sondern die ganze Beleuchtung im Master-Level wird durch diesen einen Sub-Level gesteuert.

C.2 AUFBEREITUNG VON MODELLEN

Für eine Architekturvisualisierung wird i.d.R. ein Modell zuerst in einem externen Programm – z.B.: in 3ds Max in Gänze erstellt¹⁵³ bzw. in ArchiCAD erstellt und in 3ds Max überarbeitet, bevor es in die Echtzeitumgebung übertragen wird¹⁵⁴. Dieses komplette Modell sollte so modelliert sein, dass es aus mehreren einzelnen Modellen besteht (am besten in einzelne Bauteile wie Wand1, Wand2 etc.), welche als separate Dateien exportiert werden können.

C.2.1 ÜBERARBEITEN DER GEOMETRIE

Komplexere CAD-Modelle müssen für die Verwendung in einer Echtzeitvisualisierung leider meist stark in 3d Programmen wie 3ds Max, Maya oder Blender überarbeitet werden (außer es handelt sich um schlichte, moderne Architektur), da dafür nur bestimmte, optimierte Modelle geeignet sind. Besonders auf die Anzahl der Polygone sollte man Acht geben. Modelle aus dem CAD-Bereich sind meist zu stark unterteilt. Es ist daher ratsam, bei der Modellierung bereits die Echtzeitnutzung mitzubedenken und es nicht mit der Polygonanzahl zu über-treiben.

Zwar sind Modelle mit mehr als 50.000 oder 100.000 Polygonen für moderne Echtzeitengines kein Problem mehr, sie sollten aber trotzdem auf das Minimum reduziert werden. Die Geometrie dient in einer Echtzeitvisualisierung in erster Linie ¹⁵³ Ganz im Gegensatz zur Spielentwicklung, wo die Szenen erst durch „Leveldesigner“ durch das freie Platzieren einzelner erstellter Objekte oder durch die Aneinander-Reihung modularer Objekte in der Echtzeitumgebung selbst entstehen– D.H.: in der Architekturvisualisierung ist das Ziel bestenfalls bereits bekannt, während Level in einer Spieleentwicklung eher dem Wandel unterliegen und mehrmals überarbeitet werden.



Abb. C-9: Ohne Normalmap



Abb. C-10: Mit Normalmap

der richtigen Silhouette. Erst durch die verwendete Textur, z.B.: einer Normalmap (Abb. C-9 bzw. Abb. C-10), soll der hohe Detailgrad zustande kommen. Dadurch wird die fehlende Geometrie großteils kompensiert.

Unnötige, d.h.: nicht sichtbare Polygone sollten sowieso gelöscht werden. Durch das Reduzieren von Polygonen treten aber Renderingprobleme auf. So wird aus einer, durch die starke Unterteilung in kleine Polygone, eindeutig „runden“ Kugel durch eine Reduzierung ein nicht mehr ganz so runder und eckiger Körper. Mithilfe von sogenannten Glättungsgruppen kann man der Engine trotzdem mitteilen, dass dieser eckiger Körper dennoch rund erscheinen soll. (Abb. C-11 bis Abb. C-13)

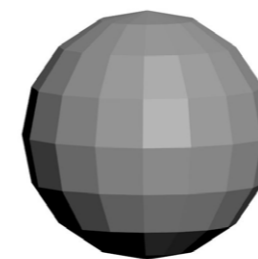


Abb. C-11: Kugel Facettiert



Abb. C-12: Mit Smoothing Group belegen

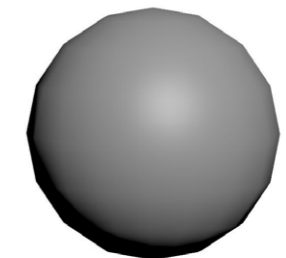


Abb. C-13: Kugel glatt

Mehrere Glättungsgruppen müssen aber bei scharfkantigen Verbindungen verwendet werden:

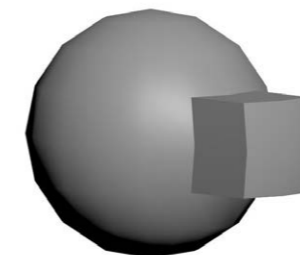


Abb. C-14: Kugel mit mehreren Smoothinggroups

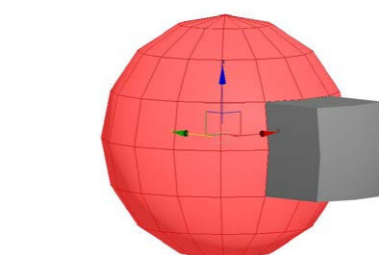


Abb. C-15: Smoothing Group der ausgewählten Flächen

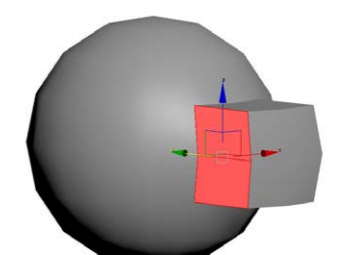


Abb. C-16: Smoothing Group der ausgewählten Flächen

C.3 ERSTELLEN VON TEXTURKOORDINATEN

Einen großen Zeitaufwand stellt das Erstellen neuer Texturkoordinaten (UVs) dar. Die Texturkoordinaten geben an, wie ein zweidimensionales Bild auf ein dreidimensionales Polygon bzw. Objekt projiziert wird. Es ist ein zweidimensionales Koordinatensystem mit den Richtungen U und V, welche jeweils von 0 bis 1 gehen. Man kann zwar auch außerhalb dieses 0-1

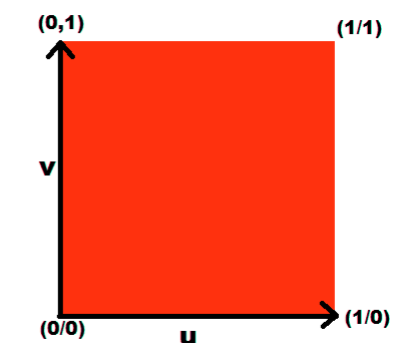


Abb. C-17: UV-Koordinatensystem

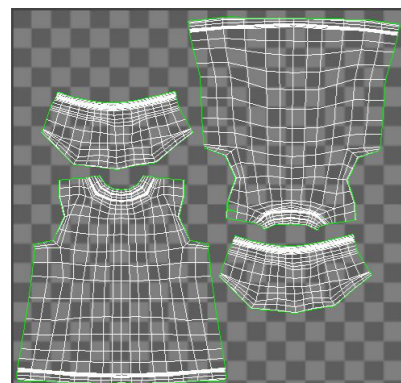


Abb. C-18: UVs des T-Shirts



Abb. C-19: T-Shirt mit „Nähte“

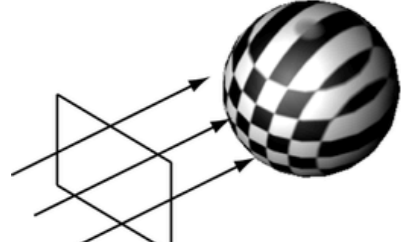


Abb. C-20: Planare Projektion

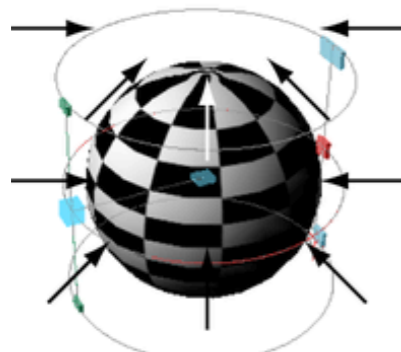


Abb. C-21: Zylindr. Projektion

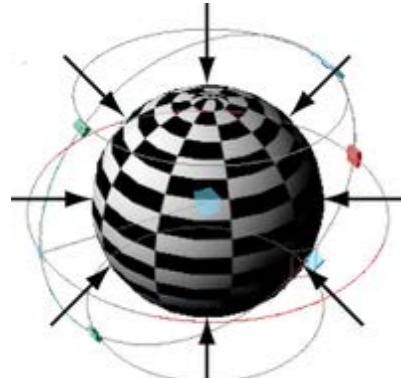


Abb. C-22: Sphärische Projektion

Raumes arbeiten, jedoch wird der Raum dann nicht erweitert sondern einfach wiederholt.

In diesem 0 bis 1-Raum werden alle Flächen eines Objektes „abgewickelt“ und zwar so, dass möglichst wenig unbelegter Raum übrig bleibt - ähnlich einem Schnittmuster eines Schneiders, der möglichst wenig Stoff verschwenden möchte.

Zur Erklärung der „Abwicklung“ sei folgendes Beispiel des T-Shirts gezeigt. Ein T-Shirt besteht aus einzelnen, zweidimensionalen Teilen, welche zusammengenäht (und natürlich getragen) ein dreidimensionales Objekt ergeben. (Abb. C-19) Die einzelnen, zweidimensionalen Teile entsprechen quasi den UV-Koordinaten dieses Objektes „T-Shirt“. (Abb. C-18)

Der umgekehrte Prozess ist dann das „Abwickeln“ (oder z.B.: im Beispiel einer Banane das „Schälen“). Meist benötigen Objekte keine komplexe „Abwicklung“, sondern schon einfache Projektionstechniken wie Planar, Zylindrisch, Sphärisch, etc. Diese reichen für die meisten Objekte wie Wände, aus.

Desto mehr Ein- bzw. Ausbuchtungen ein Objekt hat desto wichtiger wird eine vernünftige „Abwicklung“ da es sonst zu Verzerrungen kommt, dies ist auch bei der Zusammenfassen einzelner Objekte zu einem Großen, zu bedenken. Als Beispiel soll das nachfolgende Objekt dienen.



Abb. C-23: Stangen einzelne Objekte

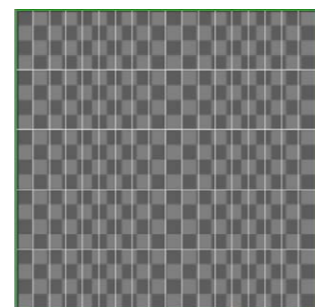


Abb. C-24: UVs einer Stange (zylindrischen Projektion)

Sind die einzelnen Stangen separate Objekte (Abb. C-23), kann man jeder Stange jeweils eine zylindrische Projektion (Abb. C-24) geben.

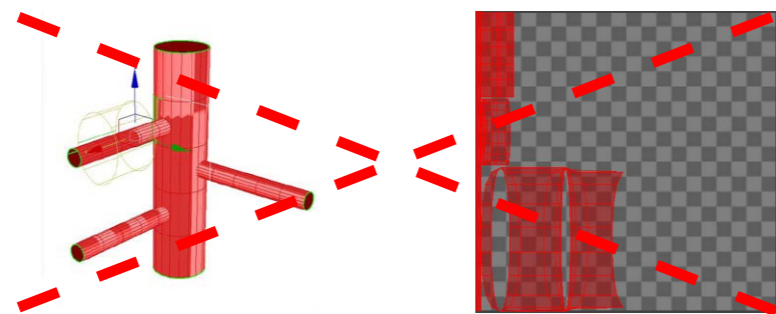


Abb. C-25: Stangen vereinigt

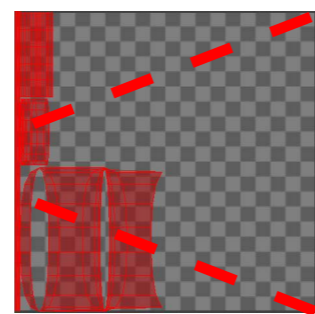


Abb. C-26: Eine Zylindrische Projektion über alle

Vereinigt man diese Stangen kann man diese Projektionsart nicht einfach so über das komplette Model (Abb. C-25) anwenden, da es zu Verzerrungen führen würde. (Abb. C-26)

Die Lösung ist, die einzelnen Stangen einzeln „abzuwickeln“ (d.h.: einzeln auswählen und jeweils eine zylindrische Projektion anwenden), sodass sogenannte „UV-Inseln“ entstehen, welche dann im „0-1 Raum“ verteilt werden und zusammen ein „UV-Set“ ergeben.

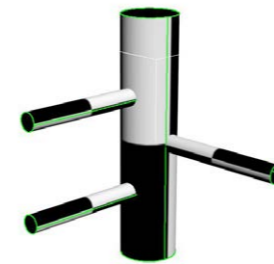


Abb. C-27: Vereinigte Stangen mit Nähten

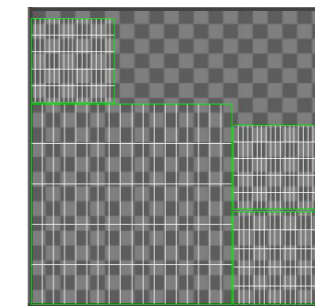


Abb. C-28: „Abgerollte“ UVs

Dabei ist zu beachten, dass sie immer nur gemeinsam skaliert werden sollten bzw. in Relation zu ihrer tatsächlichen Größe am Bildschirm, da sonst einzelne Inseln mehr UV-Raum zur Verfügung haben, als andere, was zu einer unterschiedlicher Auflösung der Textur führt. („Texel-Density“)

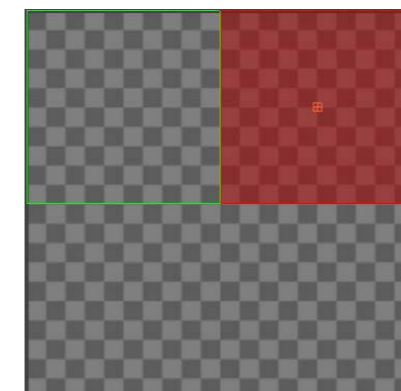


Abb. C-29: Gleiche „Texel-Density“

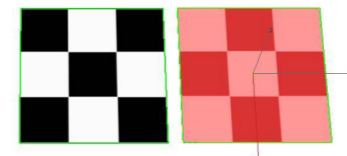


Abb. C-31: Gleiche „Texel-Density“

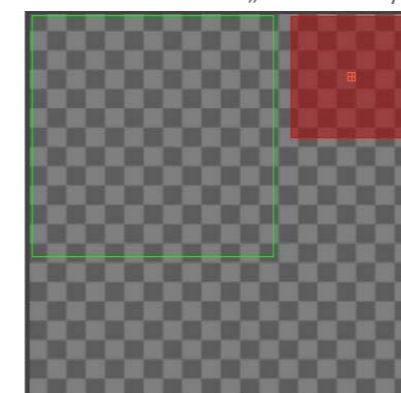


Abb. C-30: Ungleiche Texel-Density

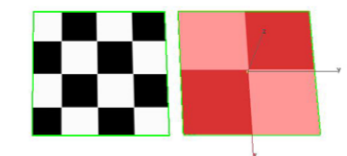


Abb. C-32: Ungleiche Texel-Density 2

Durch die Aufteilung der Form in „UV-Inseln“ ist keine nahtlose Texturanwendung mit kachelbaren Texturen mehr möglich, da nun nicht mehr der kompletten Raum von 0 bis 1 ausgefüllt wird. (z.B.: in Abb. C-28)

Daher müssen eigene, speziell für ein Objekt zugeschnittene Texturen erstellt werden, sogenannte „einzigartigen Texturen“ (siehe Exkurs B)

Es ist auch möglich mehrere UV-„Sets“ für ein Objekt zu erstellen - die UE liest bis zu vier Sets.



Abb. C-33: Fassadenmodul

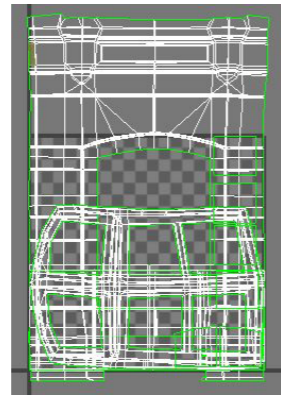


Abb. C-34: Fassadenmodul, UV Set 0

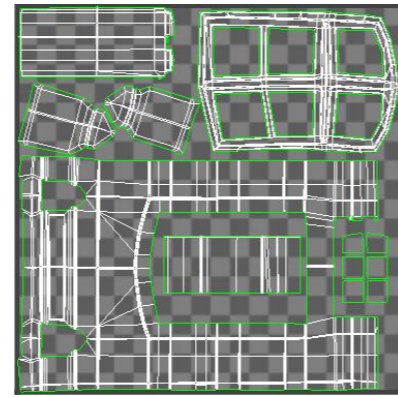


Abb. C-35: Fassadenmodul, UV Set 1



Abb. C-36: „Kachelbare“ Textur für UV Set 0

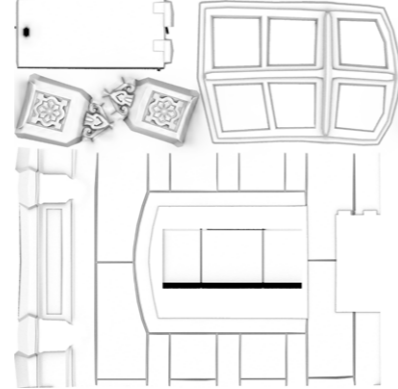


Abb. C-37: „Einzigartige“ Textur (AO) für UV-Set 1

Über den Materialeditor können diese Texturen dann miteinander verblendet werden. (Node „Texture Coordinate, siehe C.6.1)

Da die UE zum Stand dieser Arbeit noch auf das Verwenden von „Lightmaps“ setzt (siehe C.7), müssen auch spezielle, nicht überlappende Texturkoordinaten im UV-Set 1 vorhanden sein. Sollten die UVs im UV-Set 0 bereits gut abgerollt sein und keine überlappenden Stellen haben, sondern nur zur Platzersparnis (z.B.: mehrere Arme bei einem Leuchter können den gleichen UV-Raum teilen - sie haben somit auch die gleiche Erscheinung) übereinander liegen, werden diese durch die UE beim Import automatisch aufgeteilt, sodass der volle 0-1 Raum ausgenutzt wird. (z.B.: würden die UVs in Abb. C-36 automatisch aufgeteilt werden, es könnte aber auch manuell in den Objekteinstellungen das zweite UV-Set aus Abb. C-35 ausgewählt werden, da es bereits effizient und nicht-überlappend aufgeteilt wurde.)

C.4 IMPORT VON MODELLEN, TEXTUREN, ETC.

Der Import in die Unreal-Engine funktioniert über simples Drag&Drop in den „Content Browser“, wobei 3D-Modelle in dem Format .obj oder .fbx bzw. Texturen in dem Format .jpg, .png, .tga oder .psd gespeichert sein müssen. Nach dem Import in die UE spricht man von „Assets“.

Vor dem Import von 3D-Modellen sollte man sich einige Gedanken machen, wofür das Objekt schlussendlich genutzt wird – denn dies ist für die Positionierung des „Pivots“ (=Drehpunkt) ausschlaggebend. Prinzipiell platziert die Unreal-Engine den Pivot stets bei 0,0,0. Zum besseren Verständnis folgendes Beispiel: Eine Würfel in 3ds-Max, dessen Pivot sich zentral am unteren Ende befindet, hat die Koordinaten (0/0/0) – d.h.: der Pivot liegt genau im Nullpunkt. Exportiere ich dieses Objekt und importiere es in Unreal, dann ist der Pivot an der selben Stelle.

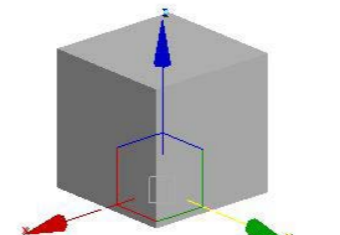


Abb. C-38: Objektposition in 3ds-Max

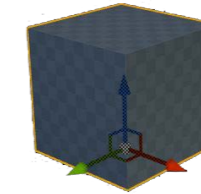


Abb. C-39: Pivotposition in Unreal

Verschiebt man nun diesen Quader nach rechts, ändert sich in der 3ds-Max Szene nichts. Beim Import in Unreal hat sich der Pivot aber verändert – er ist nach links gewandert, weil der Würfel nach rechts, d.h.: weg vom Nullpunkt, geschoben wurde.

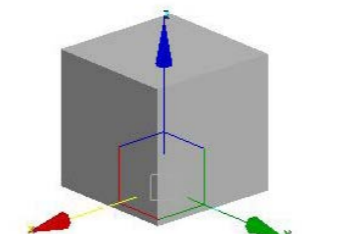


Abb. C-40: Objektposition in 3ds-Max

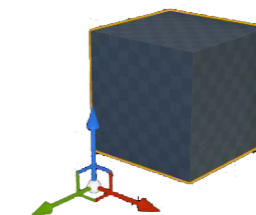


Abb. C-41: Pivotposition in Unreal

Zum Vorteil ist dies bei einzigartigen Objekten („unique objects“) mit genauen Positionen, z.B.: alle Elemente, welche nicht modular sind. (also z.B.: die Außenwände Abb. C-42) Diese Objekte können in der UE bei den Koordinaten (0,0,0) platziert werden und man kann sich sicher sein, dass die

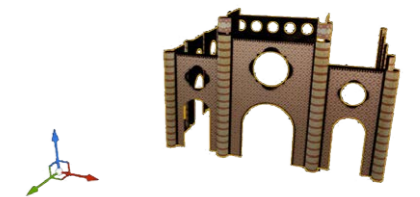


Abb. C-42: Pivotposition „einzigartiger“ Objekte

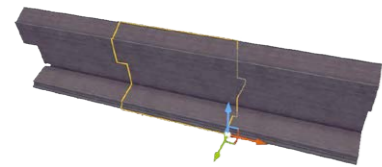


Abb. C-43: Pivotposition „modularer“ Objekte

Objekte zusammenpassen bzw. die Positionierung identisch mit der Position in der Modellierungssoftware ist. Außerdem erkennt man so schnell aus Versehen verschobene Elemente und ist es ein Leichtes, diese zurückzusetzen.

Wichtig ist die Platzierung des Pivots bei modularen Objekten wie z.B.: der Inneneinrichtung. Diese müssen vor dem Export zum Nullpunkt verschoben werden, sodass der Pivot des Objektes in der Modellierungssoftware dem Pivot des Objektes in der UE entspricht. (Abb. C-43)

Hilfreich für 3ds-Max-Nutzer ist hier das Script „TS-Tools“ von Tom Shannon. Dieses exportiert so viele Objekte wie man will gleichzeitig, speichert sie unter ihrem Anzeigenamen als separate .fbx-Dateien und verschiebt sie, falls gewünscht, automatisch zum Nullpunkt.

Beim Import der Texturen ist auf die richtige Komprimierung zu achten. Texturen für PBR-Berechnungen (also Metallic und Roughness-Maps) müssen in den Textureinstellungen (Doppelklicken auf Textur in Contentbrowser) die Komprimierung „Masks“ verwenden. Dadurch verwenden sie den linearen Farbraum. Für die Textur der Farbwerte (Albedo) wird, da sie nicht für die Berechnungen notwendig ist, die Standardkomprimierung mit aktivierten „sRGB“ (Erweiterter Farbraum) beibehalten. Normalmaps werden beim Import als Solche erkannt und erhalten automatisch die Normalmap-Komprimierung.

C.5 KOLLISIONSMODELL

Das Kollisionsmodell ist für die Berechnungen einer Kollision zuständig, also wenn zwei Objekte aneinander stoßen, bspw. ein Charakter läuft gegen eine Wand. Dieses Modell ist im Vergleich mit dem normalen Modell äußerst simpel, da die Berechnung von Kollisionen umso schwieriger wird, desto komplexer das Kollisionsmodell ist.

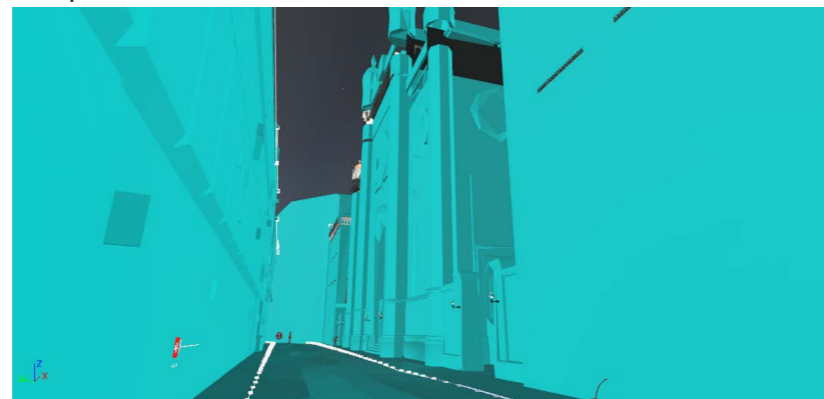


Abb. C-44: Kollisionsmodell Tempel

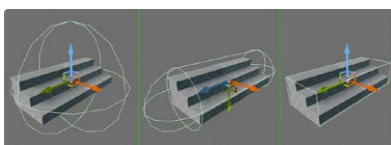


Abb. C-45: Simple Kollision

Im besten Fall handelt es sich daher um einfach Quader oder mathematisch leicht bestimmbare Objekte wie eine Kugel.

Das Kollisionsmodell kann zusammen mit dem normalen Modell importiert werden. Dafür wird dem Kollisionsmodell der Präfix UCX_ angehängt - wenn ein Modell also Wand1 heißt muss das dazugehörige Kollisionsmodell UCX_Wand1 genannt werden.

Das Kollisionsmodell lässt sich auch direkt in den Objekteinstellungen in Unreal erstellen, z.B.: durch den Befehl „DOP-Collision“ (Abb. C-46). Auch lässt sich hier einstellen, dass das komplexe Modell (complex) als simples Modell (simple) die Kollisionsberechnungen übernehmen soll (Abb. C-47) - dies sollte aber nur in Ausnahmefällen eingestellt werden. Das Kollisionsverhalten eines Objektes (also ob es z.B.: undurchdringlich ist, aber auch für wen es undurchdringlich sein soll, z.B.: für den Charakter) wird in den Objektdetails definiert. (Abb. C-48)

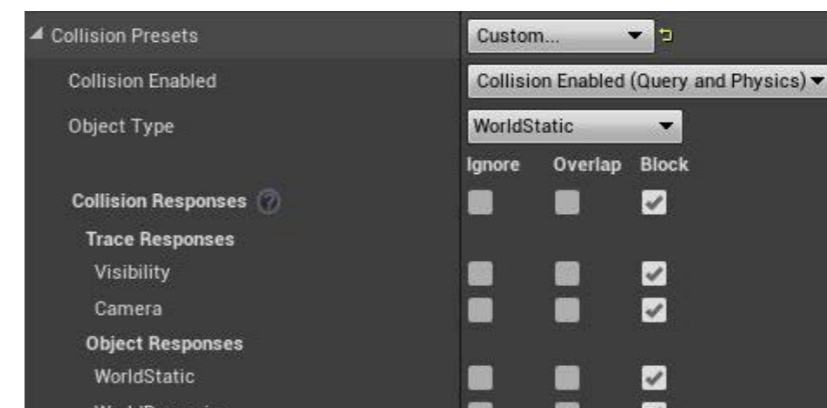


Abb. C-48: Kollisionseinstellungen

C.6 MATERIALIEN UND „DECALS“

Materialien sind für das Aussehen der Oberflächen zuständig und ein Zusammenspiel mehrerer Texturen.

Sollten einem Objekt bereits in einem anderen 3d-Programm Materialien mit Texturen zugewiesen worden sein, werden diese bei Bedarf zusammen mit eventuellen Texturen und dem Mesh importiert. Jedoch bedarf es meist einer händischen Anpassung der Materialien, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten. Natürlich lassen sich auch komplett neue Materialien aus importierten Texturen erstellen. (Rechtsklick Content Brower „Material“, Abb. C-49)

C.6.1 DER MATERIAL-EDITOR

Der Material-Editor selbst ist sehr intuitiv und basiert auf einer „Graph“-Struktur. Diese liefert schnell gute Ergebnisse, die Graphen können aber auch extrem komplex werden, denn hier kann durch Operatoren (Kontextsensitives Menü=Rechtsklick in den Materialeditor) das Aussehen verändert werden.

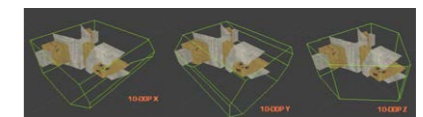


Abb. C-46: DOP-Kollision

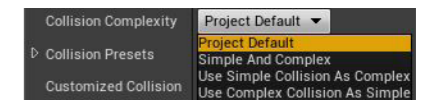


Abb. C-47: Kolliseinstellungen

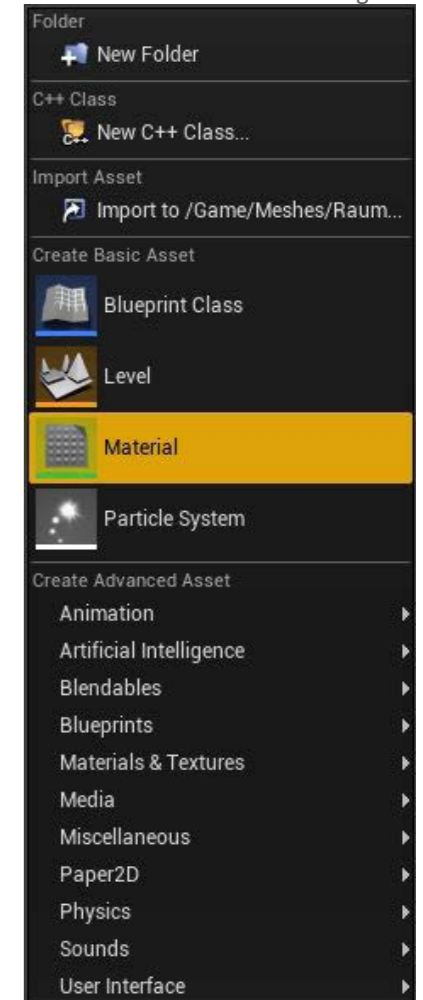


Abb. C-49: Rechtsklick Contentbrowser

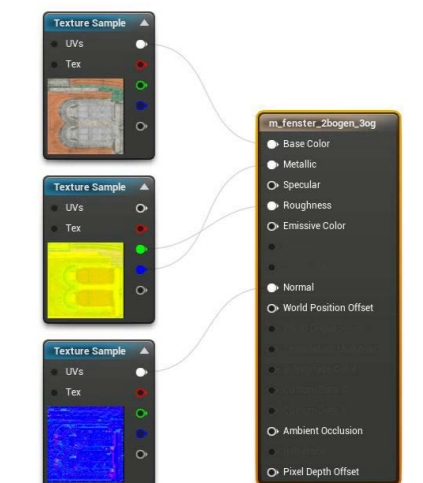


Abb. C-50: Texturen zugeordnet

In der Regel reicht es aber, die im [Exkurs B.1](#) bzw. [B.2](#) beschriebenen Texturen per Drag & Drop einzufügen und mit ihren jeweiligen Material-Attributen (Knotenpunkte) zu verbinden. (Abb. C-50, Roughness und Metallic wurden innerhalb der Kanäle einer einzigen Textur gespeichert, um Speicher zu sparen, siehe [Exkurs B.1](#))

Aber nicht nur Texturen können als Input genutzt werden, es funktionieren auch Zahlenwerte. Diese können auch Vektoren darstellen, welche den RGB-Wert angeben. (x-Wert=R-Wert; y-Wert=G-Wert; z-Wert=B-Wert) So korrespondiert z.B.: die Zahl 1 mit weiß, aber ebenso der Vektor (1;1;1).

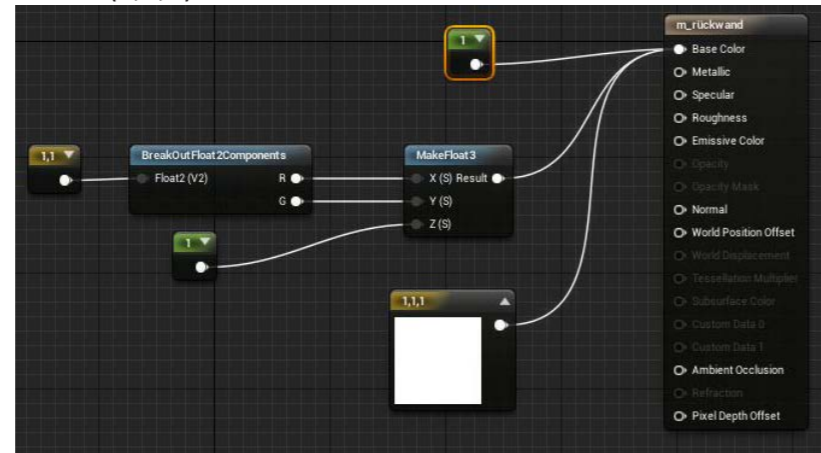


Abb. C-51: Zahlen und Vektoren als Input (entspricht Weiss)

Diese Nodes können selbst mit einem Material-Attribut verknüpft werden, z.B.: metallic. Das rote Material in Abb. 2-46 wäre somit metallisch (da Metallic „1“, was weiß entspricht) und ziemlich glatt (da der Roughness-Wert 0.1 ist, was einem dunklen Grau entspricht)

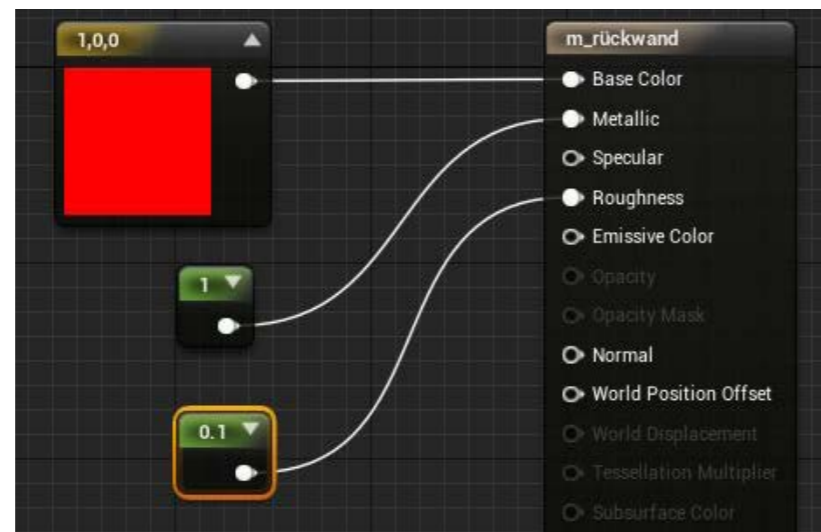


Abb. C-52: Zahlenwerte in Input 2
Diese Werte können auch in interaktive Parameter umgewandelt werden, welche dynamisch während der Visualisierung geändert werden können, aber auch um das Material schnell anzupassen. Auch Texturen selbst können in einen „Textur-Parameter“ umgewandelt werden. (Abb. C-53)

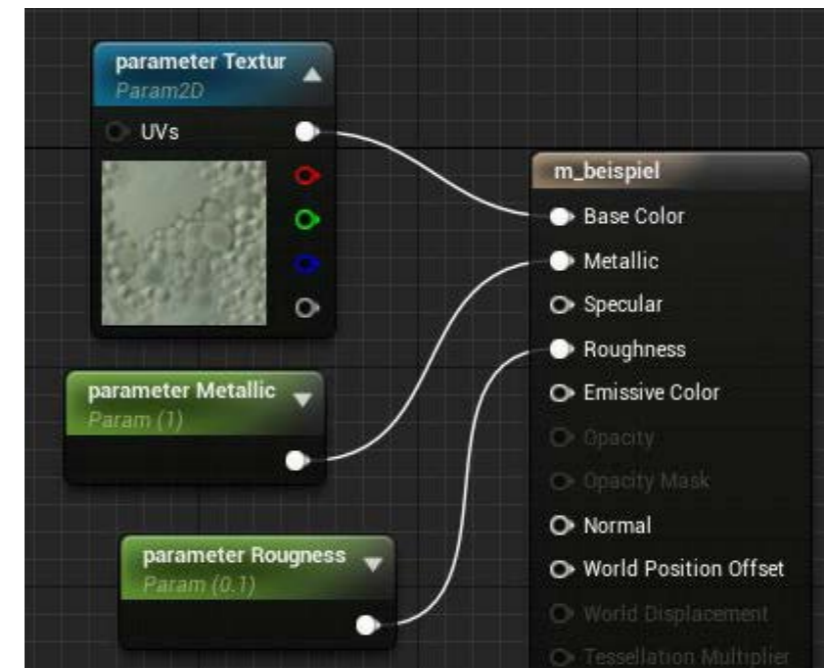


Abb. C-53: Ein Textur-Parameter und zwei skalare Parameter

Hierfür wird per Rechtsklick auf das Material im Contentbrowser eine „Material-Instance“ erstellt. (Abb. C-54) Hier werden nur die zuvor erstellten veränderbaren Parameter angezeigt, ein Verändern des Graphs selbst ist nicht möglich – sie beeinflussen nur die Instanz und nicht das Material an-sich. So können auch mehrere Instanzen von ein und dem selben Material angefertigt werden, welche alle unterschiedliche Parameterwerte aufweisen können.

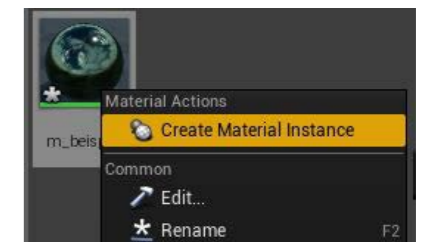


Abb. C-54: Erstellung Material-Instance

Mithilfe dieser Technik kann z.B.: ein „Master“-Material erstellt werden, wovon diverse Instanzen abgeleitet werden können. Bspw. kann ein „Außenputz“-Material durch die Freigabe der Farbe als Parameter für verschiedenste Häuserwände verwendet werden ohne jedes mal ein neues Material mit dem Materialeditor erstellen zu müssen.



Abb. C-55: Eine Material-Instance von dem in Abb. C-53 gezeigten Material

Wie bereits angedeutet können verschiedene Operatoren zusätzlich zu den Texturen und Parametern das Aussehen des Materials ändern. Sie werden den „Nodes“ zwischengeschaltet und erst dann mit den Material-Attributen verbunden.

Nachfolgend einige Operatoren, welche dem Verfasser wichtig erscheinen:

Dem Leser wird empfohlen, sich Texturen nicht als Bilder vorzustellen sondern als eine Aneinanderreihung von Pixel mit individuellen RGB-Werten von (0,0,0) bis (1,1,1 - entspricht (255,255,255)

Texture Coordinate: Beschreibt, wie oft eine Textur in U bzw. V Richtung wiederholt wird. (Standardmäßig einmal). Auch wird hier das gewünschte „UV-Set“ (Coordinate Index) ausgewählt. (Abb. C-57) Sie wird mit dem „UV“-Slot der Texturen-Nodes verbunden. (Abb. C-56)

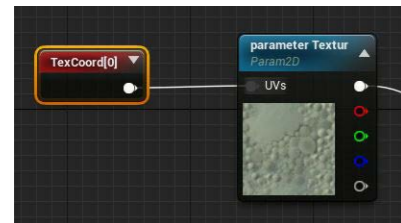


Abb. C-56: TexCoord-Node

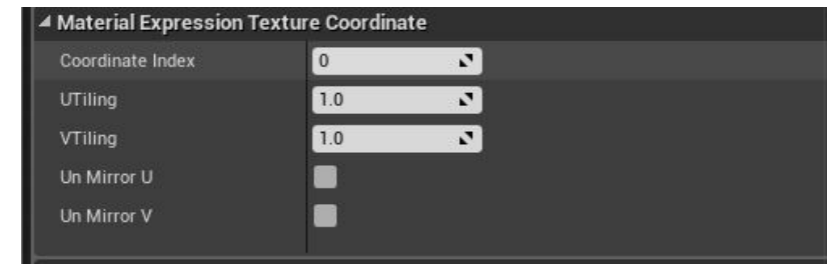


Abb. C-57: TexCoord-Einstellungen

Lerp (Linear Interpolate): Hat drei Inputs, A und B und Alpha. Abhängig vom Alpha-Wert (0 bis 1) wird zwischen A und B geblendet. Es ist aber auch möglich, eine Maske als Alpha-Wert zu verwenden.

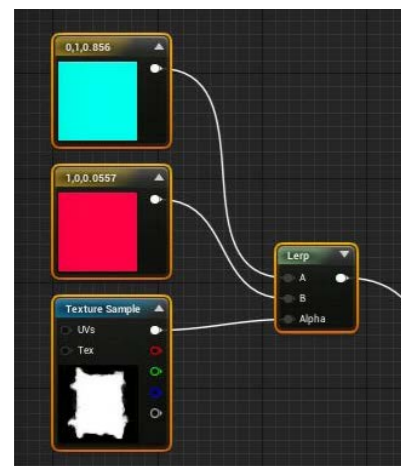


Abb. C-58: Lerp mit Maske



Abb. C-59: Ergebnis Lerp



Abb. C-60: POM-Node

POM: ...ist im Grunde eine erweiterte Form des Bump Mapings. Sie hat den großen Vorteil, dass die Tiefe auch dann dargestellt werden kann, wenn man exakt von der Seite der Oberfläche darauf blickt.

Ein Beispiel findet sich auf Seite 75.

Vertex-Colors: Jeder Vertex (Scheitelpunkt) kann RGB-Werte speichern. Die Werte dazwischen werden interpoliert. Diese RGB Werte können im Materialeditor durch den Node „Vertex-Color“ abgerufen werden und als Maske dienen.

Vertex-Colors können auch genutzt werden, um z.B.: Witterungsbedingte Effekte zu simulieren.

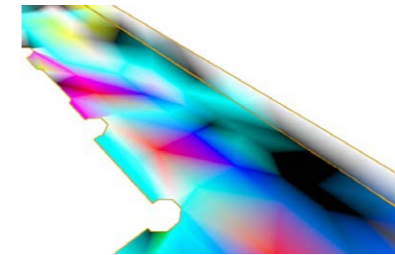


Abb. C-61: Vertex-Colors Straße

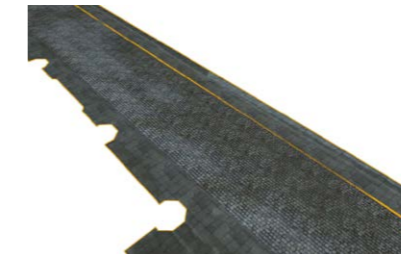


Abb. C-62: Straßenmaterial

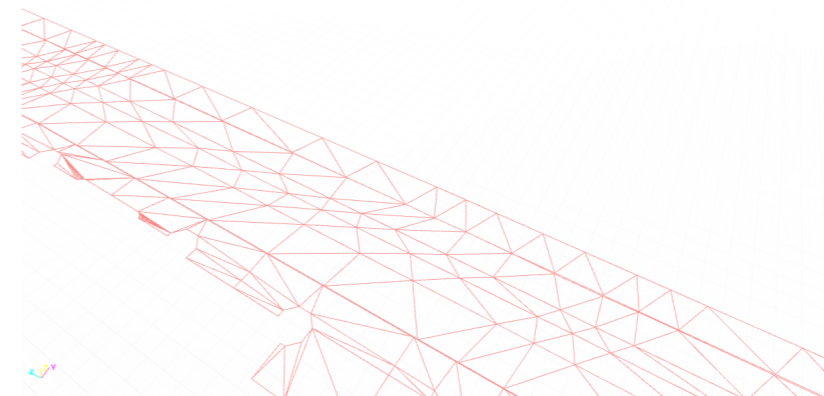


Abb. C-63: Straße Polygonaufteilung

Diese Technik benötigt aber viele Scheitelpunkte, welche möglichst gleichmäßig verteilt sein sollten. (Abb. C-63) Durch die zusätzlichen Scheitelpunkte wird natürlich etwas mehr Rechenleistung benötigt.

Add/Subtract:

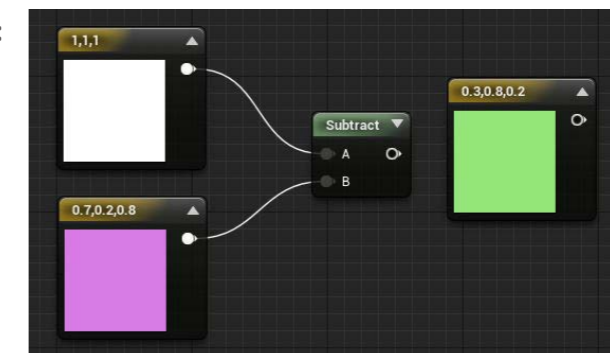


Abb. C-64: Subtraktion zweier Werte

Multiply: selbsterklärend, kombiniert man einen Zahlen-Parameter mit einer TextureCoordinate-Node per Multiply-Node, kann man die Kachelung einer Textur dynamisch steuern.

Clamp: Natürlich ergibt eine Operation wie (1/1/1)+(0,5/0,5/0,5) Zahlen größer als 1 (1,5/1,5/1,5) - der normale Farbumfang in Unreal ist aber von 0-1. Für diesen Fall wird der Node „Clamp“ benötigt, welcher die Ausgabe auf eine gewünschte Spanne (i.d.R. 0-1) beschneidet.

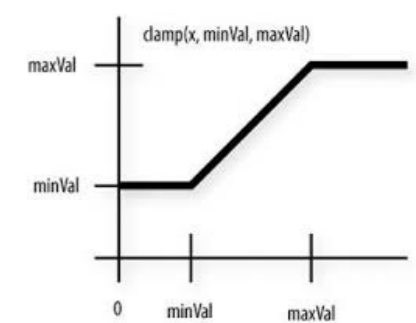


Abb. C-65: Clamp-Funktion

Eine Besonderheit in Unreal sind sogenannte „Decal“-Objekte. Dies sind Materialien, die auf Objekte in einem Level projiziert werden. Sie sind sehr hilfreich um z.B.: ein offensichtlich repetitives Material durch Details aufzulockern oder um einzigartige Details wie Risse oder Witterungsschäden vorzutäuschen. Um ein Decal zu erstellen wird einfach ein Material erstellt und es in den Materialeinstellungen als „Deferred-Decal“ deklariert. Dadurch kann es im platzierbaren „Decal-Objekt“ ausgewählt werden. (Abb. C-66 bis Abb. C-70)

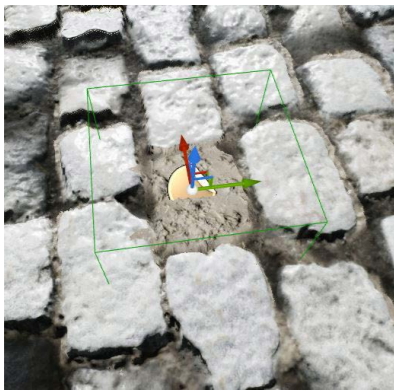


Abb. C-70: Decal-Ergebnis

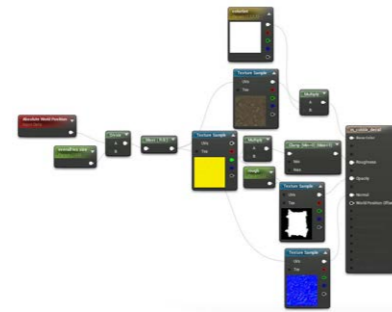


Abb. C-66: Schritt 1: Material erstellen

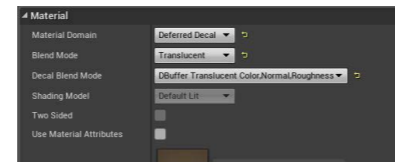


Abb. C-67: Schritt 2: Deferred Decal als Material Domain auswählen

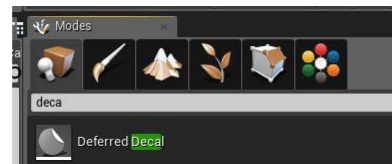


Abb. C-68: Schritt 3: Deferred Decal-Objekt platzieren

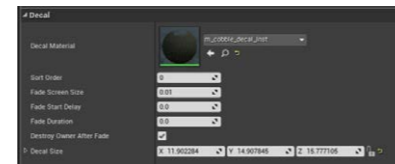


Abb. C-69: Schritt 4: Soeben erstelltes Material

C.7 BELEUCHTUNG, REFLEXIONEN UND POSTPROCESSING

C.7.1 BELEUCHTUNG

Auch wenn Vieles in einer Echtzeitengine dynamisch ist, ist es im Falle einer ansprechenden Architekturvisualisierung leider noch nicht möglich, völlig auf vorberechnete Bereiche zu verzichten. Ein so vorberechneter Bereich ist die Beleuchtung, welche - um überzeugend zu wirken - in sogenannte „Lightmaps“ gespeichert werden muss. D.h.: es werden die Beleuchtungsinformationen in Texturen gespeichert (quasi „gebacken“).

Lichtquellen werden in der UE in Moveable-, Stationary- und Static- Lichtquellen eingeteilt:

Movable: ...sind völlig dynamisch und können sich bewegen. Aufgrund der fehlenden „globalen Illumination“ (keine abgelenkte und/oder reflektierte Lichtteilchen) für Architekturvisualisierungen nicht brauchbar.

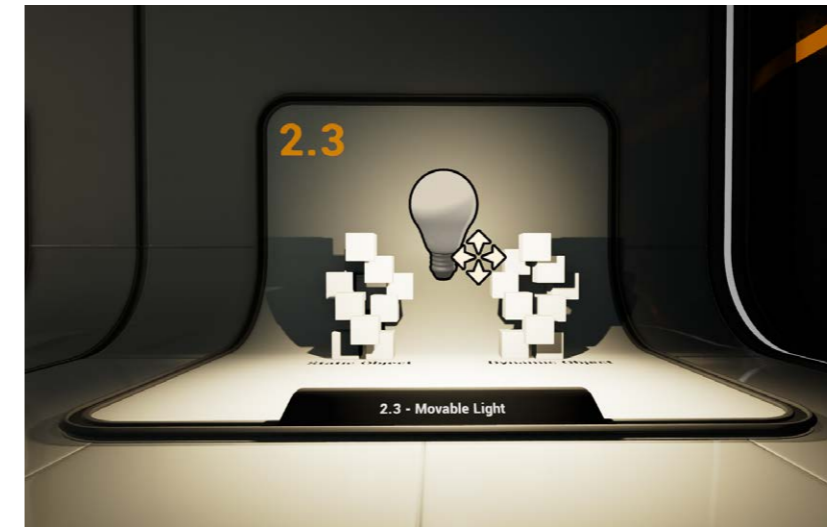


Abb. C-71: Moveable Light

Static: Komplette vorberechnetes und in „Lightmaps“ gespeichertes Licht. Es werden daher spezielle UV-Koordinaten benötigt (nicht überlappend!) - sie sind für Architekturvisualisierungen zur Zeit die einzige Möglichkeit, überzeugende Beleuchtungssituationen in Echtzeit darzustellen. Sie erzeugen aber keine direkte Schatten bei beweglichen Objekten. Indirekte Beleuchtung auf dynamischen Objekten erzeugen sie durch die „Volumetric Lightmap“.



Abb. C-72: Static Light

Stationary: Eine Kombination von moveable- und static Lichtquellen. Direktes Licht ist dynamisch, indirektes vorberechnet. Daher werfen auch bewegliche Objekte einen Schatten. Sie sind in der Lage, ihre Helligkeit und Farbe zu ändern, aber nicht ihre Position.



Abb. C-73: Stationary Light

Nicht nur die Einstellungen der Lichtquellen bestimmen die Beleuchtung einer Szene. Auch die platzierten Objekte in der Szene selbst müssen als „Static“ (statisch) oder als „Moveable“ (beweglich) deklariert werden. (Abb. C-74)

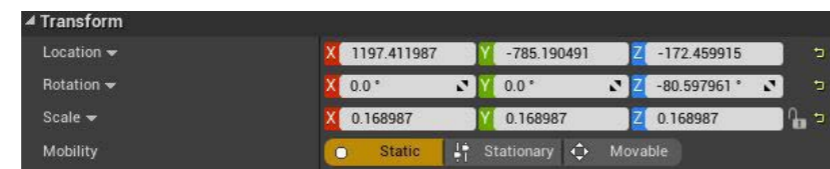


Abb. C-74: Einstellungen in den Objekt-Details, Stationary betrifft nur Lichter

„Static“ Objekte: Die meisten Objekte in einer Architekturvisualisierung sind statische Objekte (z.B.: Wände), für sie wird daher „Static“ ausgewählt. Für diese Objekte wird eine Lightmap generiert, sie sind aber starr und können sich nicht bewegen.

„Moveable“ Objekte: Sind Objekte, welche sich bewegen können, z.B.: eine Tür oder ein Fahrzeug. Sie beziehen ihre Beleuchtungsinformation (seit der Version 4.18) i.d. R. aus sogenannten „Volumetric-Lightmaps (Abb. C-75), welcher beim Berechnungsprozess der Beleuchtung zusätzlich erstellt werden. Hierbei handelt es sich um in einem Raster platzierte „Beleuchtungsproben“, wodurch dynamische Objekte ihre Beleuchtung interpolieren können – eine relativ ungenaue Methode, daher sollten bewegliche Objekte in einer Architekturvisualisierung sehr dezent eingesetzt werden, da sie oft de-plaziert wirken. (Fehlende Kontaktschatten!) In Ausnahmefällen ist es auch möglich, sie wie statische Objekte mithilfe von Lightmaps zu beleuchten. Dafür wird die Eigenschaft „Light as if Static“ ausgewählt. Diese Methode sollte nur selten angewendet werden.

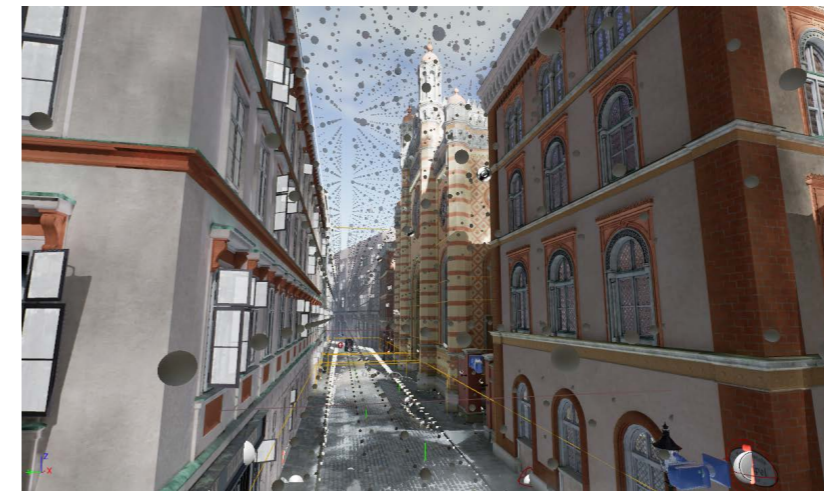


Abb. C-75: „Volumetric Lightmap“

Stationary bzw. Moveable Lights können sogenannte „Light-Functions“ nutzen (Abb. C-76) - dies sind Materialien, welche die Projektion des Lichtes beeinflussen, z.B.: lassen sich so von Wolken verursachte Schatten im Directional-Light vortäuschen. Die „Light-Function“ wird dem gewünschten Licht in den Detailsettings des Lichtes hinzugefügt



Abb. C-76: Eine Light-Function erzeugt das Logo

Zur Berechnung des statischen Lichts(Lightmaps) bzw. der Volumetric-Lightmap wird das integrierte Tool „Lightmass“ bzw. die Swarm-Agents (Abb. C-77), welche ein Zusammenschalten mehrerer Computer erlauben, verwendet.

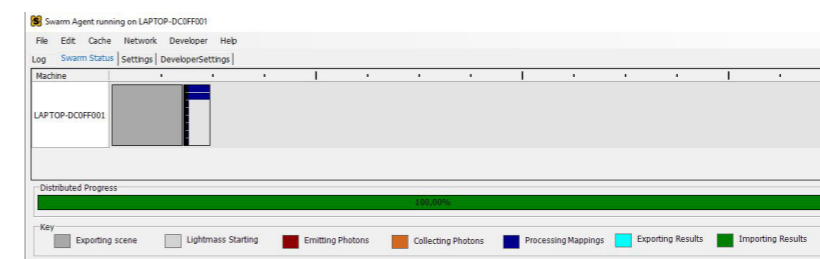


Abb. C-77: Swarm Agent

Gestartet wird die Lichtberechnung durch „Build“. Im „Build“-Dropdownmenü kann außerdem zwischen verschiedenen Voreinstellungen gewechselt werden. (siehe Abb. C-78)

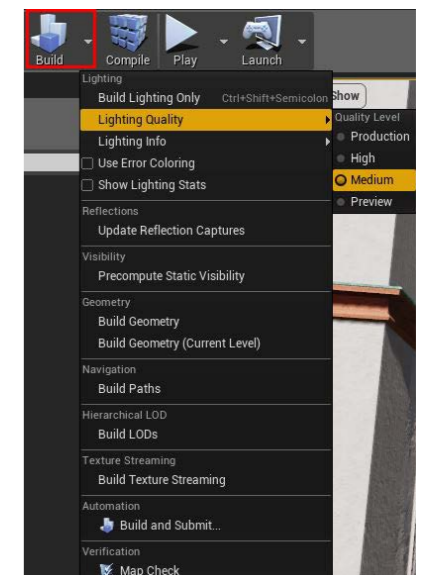


Abb. C-78: Build-Menü

Die für die Berechnung des Lichts relevanten Einstellungen können außerdem über den Tab „World Settings“ weiter verfeinert werden. Einige Einstellungen treiben die Berechnungsdauer aber ins Unermessliche. Die in Abb. C-79 gezeigten Werte sind ein guter Kompromiss.

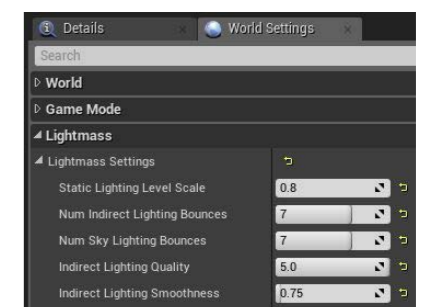


Abb. C-79: World Settings

C.7.2 REFLEXIONEN

Reflexionen sind in Echtzeit zur Zeit nur sehr schwer darstellbar. Im Moment werden durch sogenannte „ReflectionCapture Actors“ Cube bzw. Sphere-Maps aufgezeichnet, welche auf die reflektierende Oberfläche zurück-projiziert werden. Innerhalb der Editor-Umgebung aktualisiert sich die Reflexion automatisch, nachher sind sie starr.

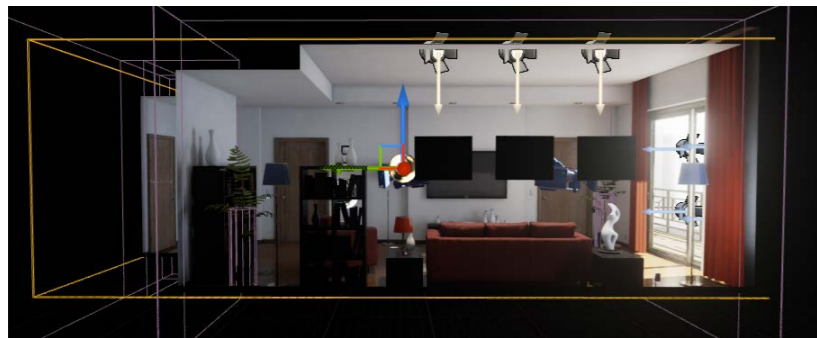


Abb. C-80: Box Reflection Capture



Abb. C-81: Reflections-Viewmode

C.7.3 POSTPROCESSING

Das endgültig angezeigte Bild ist abhängig von den „Postprocess“-Einstellungen. Hier werden quasi in Echtzeit dem fertigen Bild einige Effekte hinzugefügt. Es wird über ein „Post-Process-Volume“ gesteuert, welches i.d.R. Grenzen hat und nur aktiv ist, wenn man sich innerhalb dieser Grenzen befindet. Sie lassen sich aber auch abschalten.

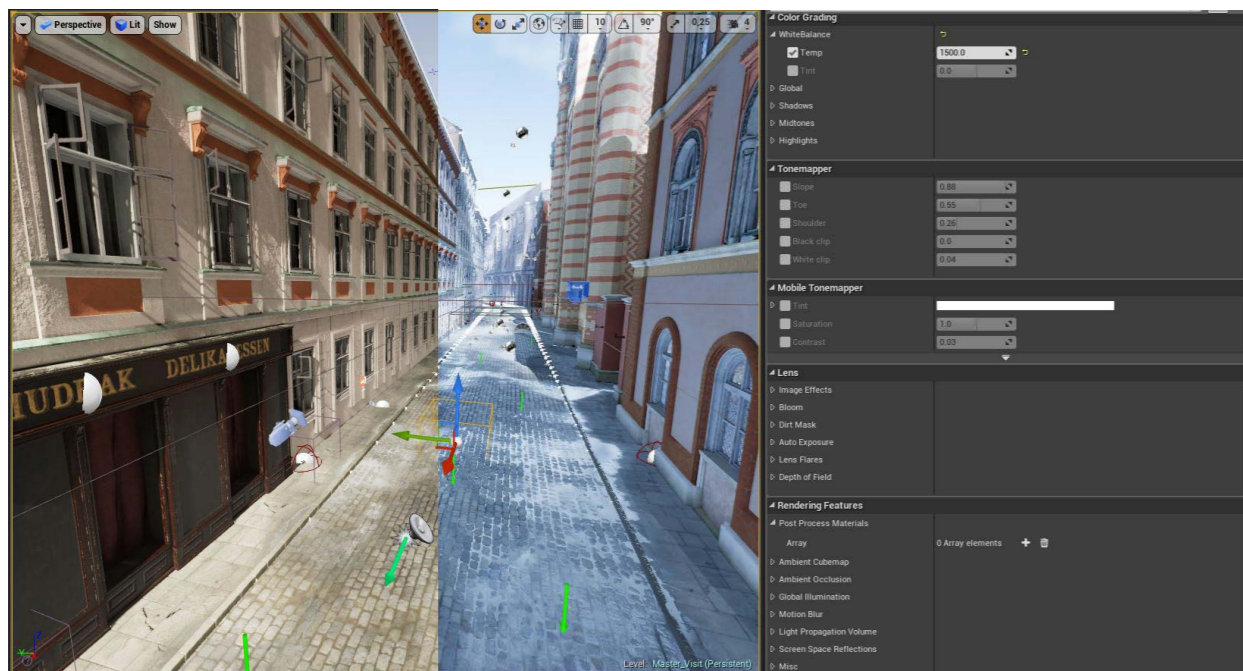


Abb. C-82: Ein PostProcess Objekt, „Temp“-Wert verändert

C.8 DAS SCRIPTING

Es ist im Rahmen eines kurzen Exkurses nicht möglich alle Funktionsweisen einer interaktiven Visualisierungen in kompletter Tiefe zu erklären – nicht umsonst gibt es für „Gameplay-Programmer“¹⁵⁵ ganze Studiengänge. Etwas Programmierung-Basiswissen ist natürlich begrüßenswert – dies ist auch unter Architekten heutzutage keine Seltenheit mehr. Außerdem ist etwas Verständnis für die Funktionsprinzipien einer Echtzeitengine empfehlenswert, die Grundzüge sollten aber auch nach diesem Kapitel verständlich sein.

C.8.1 KLASSEN UND FUNKTIONEN

Die Unreal-Engine ist eine objektorientierte Engine. Das bedeutet, sogenannte Klassen werden angelegt, aus welchen verschiedene Instanzen in der Laufzeit generiert bzw. aus welchen weitere Unterklassen durch „Vererbung“ generiert werden können. In Klassen können durch „Funktionen“ Befehle ausgeführt werden.

Ein Beispiel wäre die Klasse „Fahrzeug“. Diese soll nur grundlegende Funktionen für das Fahren bzw. Steuern eines Fahrzeugs enthalten.

Die Klasse „Auto“ kann dann von dieser Klasse „Fahrzeug“ abgeleitet werden, genauso wie die Klasse „Flugzeug“ oder „Schiff“. Gemeinsam haben Sie z.B., dass sie alle gesteuert werden müssen – eine erneute Programmierung von Funktionen für das Steuern des Fahrzeugs ist daher nicht nötig, da diese von der Klasse „Fahrzeug“ vererbt werden. Eine Vererbung behaltet also die Basisattribute, es können aber neue Variablen/Funktionen hinzugefügt werden.

Die eben genannte Klasse „Auto“ kann dann zusätzlich auch Attribute (Variablen) enthalten, z.B.: die Farbe.

Die Objekte Auto_rot oder Auto_Blau sind daher beides Instanzen der Klasse „Auto“, nur der Wert der Variable „Farbe“ hat sich geändert.

Die Basisklasse, wovon alle anderen Klassen in der UE abgeleitet werden, ist die Klasse „UObject“ (in Unity ein „GameObject“) (sie sind „Children“ der UObject-Klasse, die UObject-Klasse ist dabei der „Parent“)

Etwas verständlicher wird es hoffentlich, wenn ein konkretes Beispiel aus Unreal betrachtet wird:

Jedes importierte und platzierte Objekt (z.B.: die Außenwand der Synagoge, Abb. C-83) ist eine Instanz der Klasse „Static-Mesh“. Diese Klasse enthält Informationen über die Transformation, das anzuzeigende Polygon-Netz, das Material, usw. -

155 So nennt man Programmierer, welche für den reibungslosen Spielfluss zuständig sind. In unserem Fall bedeutet „Gameplay“ aber die verschiedenen Interaktionsmöglichkeiten – so ist eher von „Useability“ zu sprechen.

ohne zu wissen wurde also bei der Platzierung eines solchen Objektes bereits Gebrauch von diesem System gemacht.

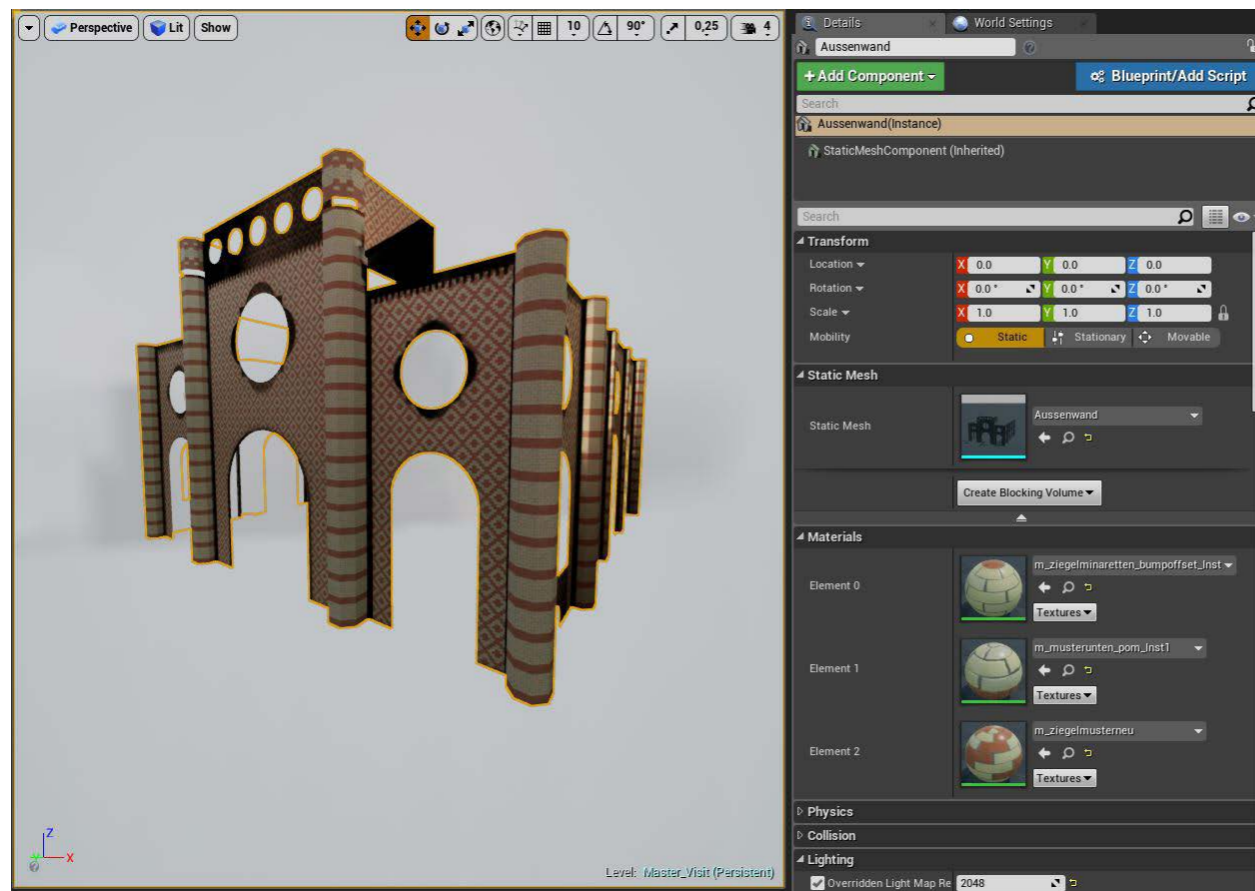


Abb. C-83: ein Static Mesh Actor mit dazugehörigen Komponenten

In der UE müssen solche Instanzen aktiv in einer Szene vorhanden sein um Funktionen aufzurufen und um referenziert¹⁵⁶ werden zu können, d.h.: sie müssen entweder händisch zuvor in einer Szene platziert worden sein oder während der Laufzeit der Visualisierung „gespawnt“ (generiert) werden.

Will man eine Instanz einer Klasse in einer Szene platzieren, muss sie von der Klasse „Actor“ abgeleitet werden – Actor ist die Basisklasse für jedes Objekt, dass in einer Szene (in UE „Level“) platziert werden kann. Diese Klasse unterstützt dann auch 3D Transformationen wie Translation, Rotation und Skalierung. Also auch die vorher erwähnte Instanz der Klasse „Static-Mesh“ (die Außenwand der Synagoge, Abb. C-83) geht auf die Klasse „Actor“ zurück.

Funktionen bewirken etwas während der Laufzeit, d.h.: etwas „passiert“.

In Unreal Engine können einerseits Funktionen durch c++ Programmierung erstellt und aufgerufen werden oder durch das sogenannte „Blueprint-System“: Es handelt sich hier um ein intuitives Visual-Scripting-Tool, welches intern in c++ umgewandelt wird. Dieses Tool erlaubt einfache, kontextsensitive Befehlsketten durch verbundene Nodes ohne eine Zeile

¹⁵⁶ d.h.: von einem anderen Objekt eindeutig identifiziert werden können

Code schreiben zu müssen – in der Architekturszene wohl am ehesten vergleichbar mit dem Tool „Grasshopper“ in Rhino.

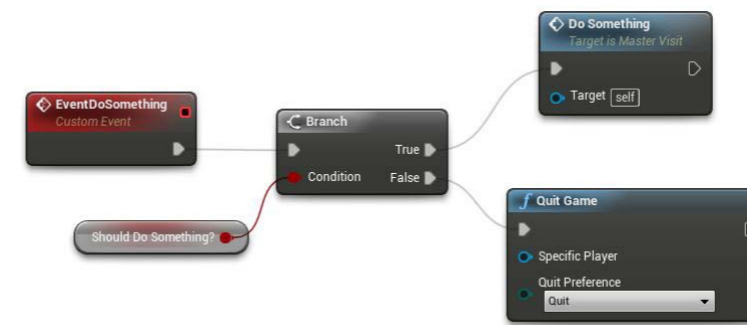


Abb. C-84: Blueprint-Graph

C.8.2 WICHTIGE KLASSEN FÜR EINE ARCHITEKTURVISUALISIERUNG

1. Pawn: Ein Objekt in der Welt, kann durch einen Nutzer in Besitz genommen werden („possessed“) und ist dadurch steuerbar.
2. Character: Gehört zu der Oberklasse sogenannter „Pawns“. Hier sind aber schon gewisse Funktionen implementiert die z.B.: das Gehen ermöglichen. Zusätzlich sind nützliche „Components“ integriert, welche z.B.: das Aussehen des Objektes steuern, die Interaktion mit der Welt (z.B.: durch Kollision) und die Bewegung. („Movement-Component“)
3. Player Controller: Ist quasi das „Gehirn“ welches von einem Pawn besitzergreift. (maximal ein „Pawn“ gleichzeitig) Es repräsentiert den menschlichen Nutzer.

C.8.3 VARIABLEN

Eine Variable ist ein abstrakter Behälter in der Informatik. Diese Variable kann unterschiedlichen Typs sein. So ist z.B.: die Boolische Variable bekannt. Diese kann nur zwei Werte enthalten (true/false bzw. 1/0). Weitere wichtige Variabelarten sind bspw. Floats, Integers und Text.

Es können aber auch Klassen selbst als Variable definiert werden. z.B.: kann eine Variable des Typs „Auto“ eine Instanz der Klasse „Auto“ referenzieren.

Will man mehrere Instanzen eines Typs in einer Variable speichern, wird die Variable als „Array“ definiert. Dadurch können mehrere Instanzen in einer Variable aneinandergereiht

werden und mithilfe der Indizes abgerufen werden.

Enumeration: Enums sind eine Liste mehrerer Einträge, welche für verschiedenste Zwecke benutzt werden können. z.B.: kann eine Enumeration für alle Steuerungsmodi erstellt werden. Dadurch können einfach Aktion auf Basis des gewählten

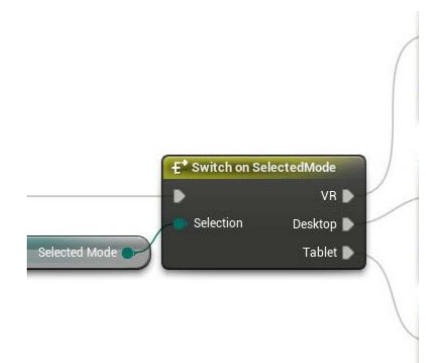


Abb. C-85: Ein Enum „Selected-Mode“ wird verwendet

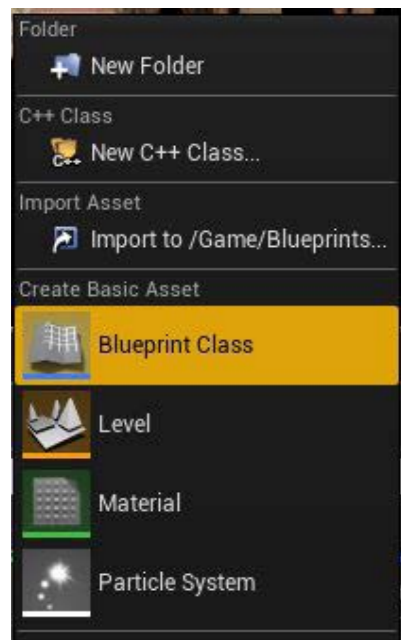


Abb. C-86: Rechtsklick Content-Browser

Modus erfolgen. Sie werden durch Rechtsklick im Content-browser erstellt.

C.8.4 BLUEPRINT-SCRIPTING UND EVENTS

Ein „Blueprint-Objekt“ – ist ein von einer Klasse abgeleitetes spezielles Objekt, welches den Zugriff auf das Blueprint-Scripting ermöglicht. Eine Sonderform ist der sogenannte „Level-Blueprint“, quasi ein direkt im Level eingebundenes Blueprint-Objekt, welches in der oberen Bildleiste geöffnet werden kann.

Zum besseren Verständnis: Durch einen Rechtsklick in den Content-Browser (Abb. C-86) wird eine Blueprint-Klasse erstellt, im auftauchenden Menü die Klasse „Static-MeshActor“ als „Parent“ (Abb. C-87) ausgewählt und durch Doppelklicken das soeben erstellte Objekt geöffnet. Da dieses Objekt eine Unterklasse der Klasse „StaticMeshActor“ ist, enthält sie bereits ein „StaticMeshComponent“ (Unterobjekte im Blueprint werden „Components“ genannt). Durch anklicken des Components kann das richtige Mesh ausgewählt werden. (Abb. C-88)



Abb. C-89: bp_aussenwand.JPG

Plaziert man dieses Blueprint-Objekt nun im Level erhält man das selbe Ergebnis, wie ein durch Drag & Drop im Level platziertes Modell. (Abb. C-89)

Im Gegensatz zu dem direkt durch Drag & Drop erstellten Modell ermöglicht dieses selbst-erstellte „Blueprint-Objekt“ aber den Zugriff auf das „Construction Script“ und „Event-Graph“. (Abb. C-90)

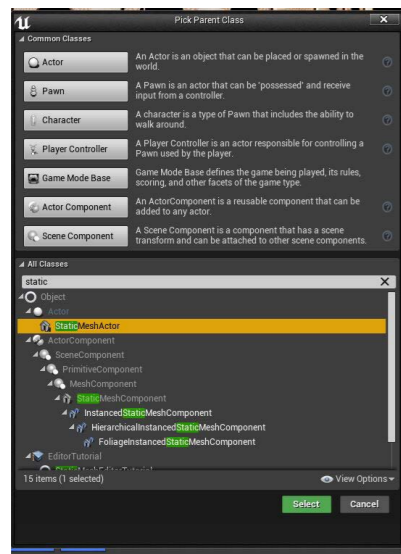


Abb. C-87: Klassenauswahl

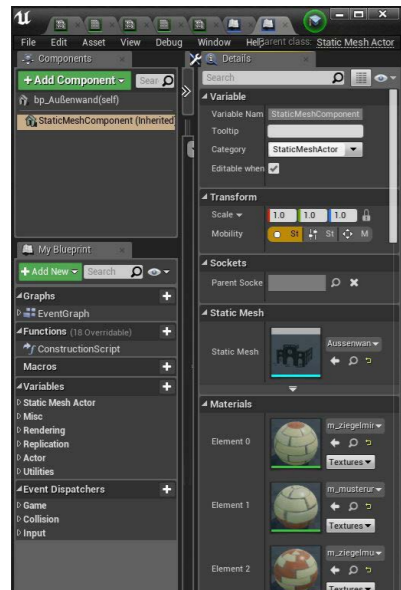


Abb. C-88: Component



Abb. C-90: Eventgraph

Event-Graph: Hier wird der Node-Graph erstellt, welcher „Events“ und Funktionen nutzt um mittels einer Kette an Befehlen Reaktionen auf verschiedene Aktionen zu generieren (z.B.: auf eine Nutzereingabe)

Construction-Script: Ähnlich dem Event-Graph, nur dass dieses Script allein im Editor angewendet wird. Es wird bei der Platzierung bzw. einer Änderung (z.B.: Positionsänderung) automatisch ausgeführt. So lassen sich für die Modellierung hilfreiche Funktionen selbst programmieren, z.B.: können so zufällig Objekte platziert werden. Ein Beispiel wäre ein Objekt „Baum“, welches automatisch mehrere Blätter am Boden platzieren könnte. Ein sehr simples Beispiel ist in Abb. C-92 bzw Abb. C-91 abgebildet.

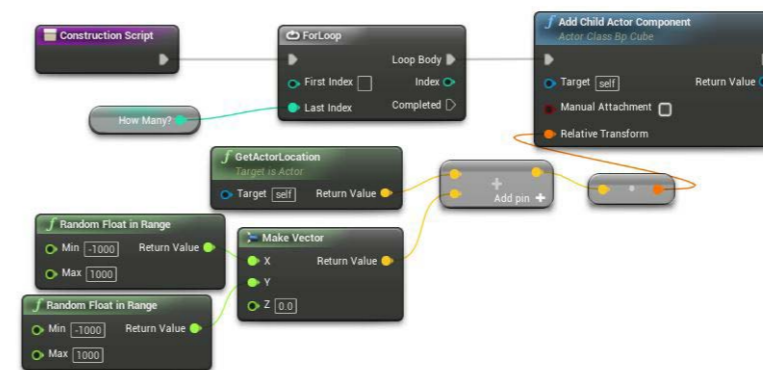


Abb. C-91: Construction-Script Beispiel

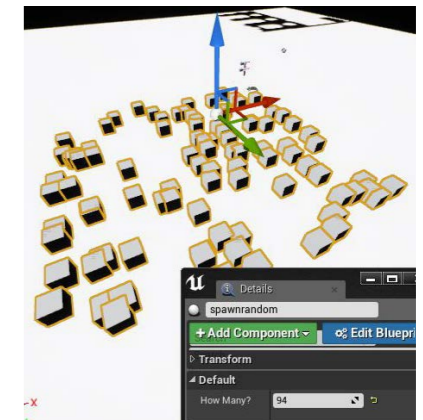


Abb. C-92: Spawn random

Events sind Nodes die durch bestimmte Aktionen aufgerufen werden und so die angehängten Befehlsketten zu einem bestimmten Zeitpunkt ausführen. So ein Event wäre z.B.: „**EventBeginPlay**“ – der Name ist selbstredend, es handelt sich hier um ein Event, welches beim Starten ausgeführt wird. An diese Events können per Mausklick und ziehen an dem „Pin“ Befehle angekettet werden, welche ausgelöst werden sollen. So ein einfacher Befehl wäre z.B.: „Print String“, welcher einen einfachen Text ausgibt. Wird diese Befehlskette also in das vorhin erstellte Blueprint Objekt implementiert, schaut dies wie in Abb. C-93 aus.



Abb. C-93: Event BeginPlay und PrintString

Starten man nun die Visualisierung wird dieses Skript so ausgeführt und wie gewünscht der Text angezeigt Abb. C-94

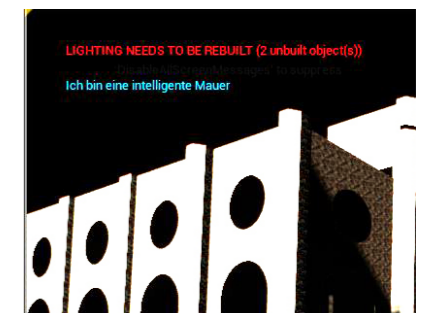


Abb. C-94: Resultat des Graphes aus Abb. C-93

– es wurde quasi eine „intelligente“ Mauer d.h. ein Objekt mit einer Funktion geschaffen.

Weitere wichtige Standardevents sind:

Tick: Wird einmal per Frame ausgelöst (also bei 30 Fps¹⁵⁷ 30x in der Sekunde) Da die Anzahl der Auslösung also von den Fps abhängig ist, würde jeder PC aufgrund unterschiedlicher Hardware unterschiedliche Ergebnisse erzeugen.

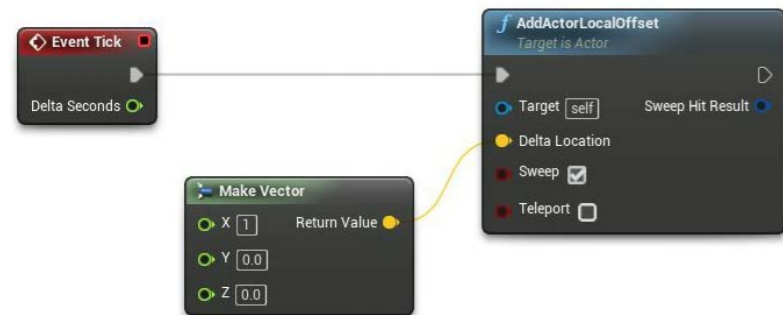


Abb. C-95: Hardware-abhängige Bewegung

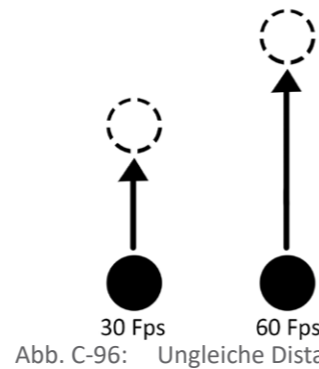


Abb. C-96: Ungleiche Distanz

Um dies zu verhindern, wird zusätzlich noch die Variable „Delta Seconds“ angegeben.

Hängt z.B.: die Geschwindigkeit einer Positionsveränderung vom Event Tick ab, dann bewirkt die Multiplikation der Geschwindigkeit mit den „Delta Seconds“ ein hardwareunabhängiges Ergebnis, die Geschwindigkeit ist immer die selbe.

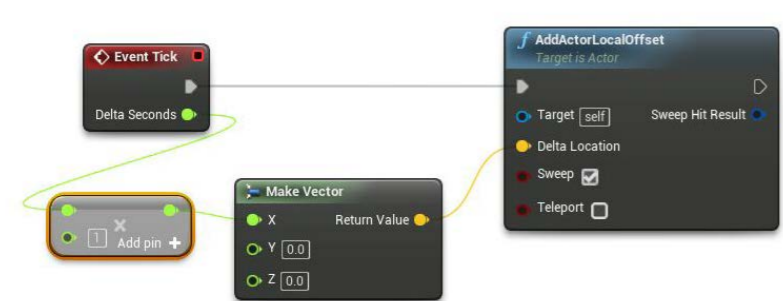


Abb. C-97: Hardware-unabhängige Bewegung

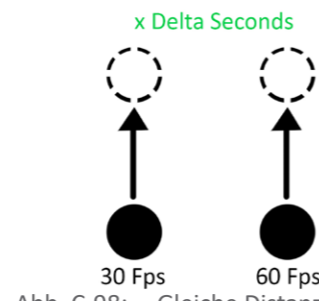


Abb. C-98: Gleiche Distanz

ActorBeginOverlap/ActorHit: Sind Kollisions-abhängige Events. Stoßen zwei Actors durch eine Bewegung zusammen oder betritt ein Actor ein vorgegebenes Volumen werden diese Events ausgelöst.

Custom Events: Es gibt nicht nur vorgefertigte Events wie „EventBeginPlay“ sondern es ist auch möglich, eigene Events zu erstellen. Dafür wird per Rechtsklick in dem Eventgraph aus dem Kontext-Menü „Custom-Event“ ausgewählt und anschließend ein Name vergeben. (Hier „Umleitung“). Dieses Event muss jedoch irgendwie gestartet werden („gelled werden“). Um es also auszulösen wird der Befehl „call Umleitung“ aufgerufen. (Im Kontextmenü).

¹⁵⁷ Frame per Second

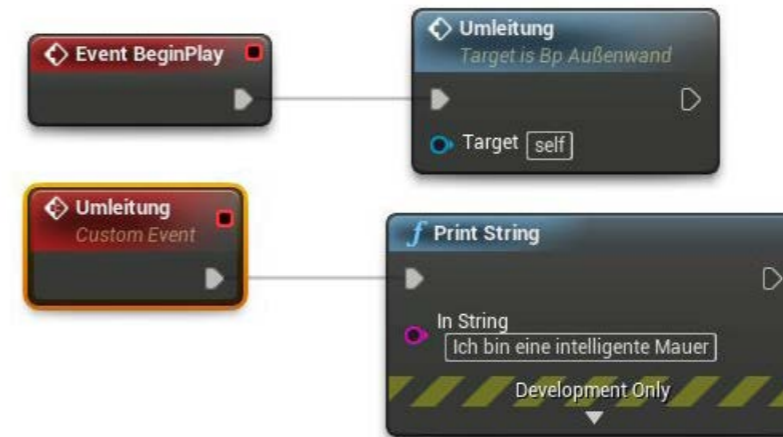


Abb. C-99: Custom Event Beispiel
Startet man nun die Visualisierung wird ebenso der Text angezeigt, aber erst über den Umweg des neuen Events.

C.8.5 ACTION EVENTS/AXIS MAPPINGS

Unter „Action Mapping“ versteht man Events, welche durch eine physische Interaktion des Nutzers gestartet werden, sei es durch das Drücken einer Taste auf dem Keyboard, ein Fingerberührung am Touchdisplay etc. Sie sind zwingend notwendig, damit der Nutzer mit der Visualisierung interagieren kann. Die Erstellung erfolgt über das „Projekt Settings“-Menü unter Input.

Es wird nur ein Name für das Event ausgewählt und die jeweilige physische Interaktion, welche dieses Event auslösen soll. Hier abgebildet das Event „Interagieren“, welches durch die linke Maustaste ausgelöst wird.

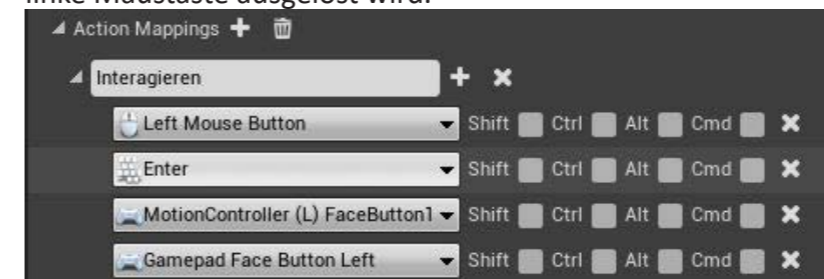


Abb. C-100: Action Mappings
Es wird anschließend im Kontextmenü eines „possess-baren“ (steuerbaren) BlueprintObjekts (Pawn oder Character) unter dem gewählten Namen angezeigt – in diesem Fall „Input Action Interagieren“



Abb. C-101: InputEvent Interagieren

Es ist hilfreich, gleich mehrere Eingabemöglichkeiten an ein Event zu koppeln („mappen“) - so kann der Linksklick mit der Maus gleichbedeutend mit dem Klick eines Knopfes auf einem Gamepad sein.

Beim „Axis-Mapping“ wird zusätzlich noch ein Wert für die Bewegung ausgegeben. (z.B.: der Wert für Vorwärts und Rückwärts)

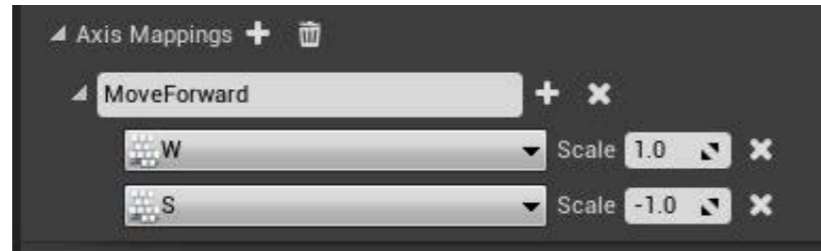


Abb. C-102: Axis Mappings

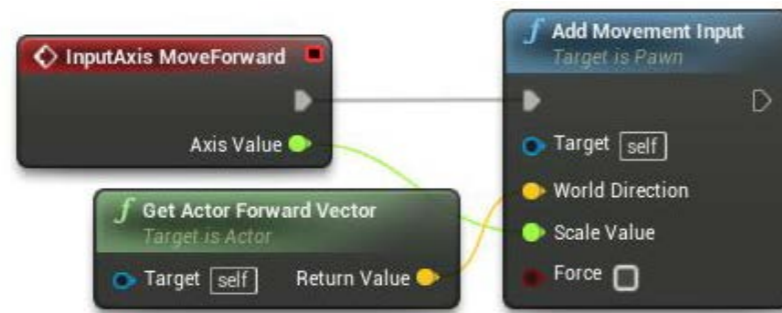


Abb. C-103: AxisEvent MoveForward

C.8.6 KOMMUNIKATION

Ein Blueprint-Objekt muss nicht zwangsläufig sichtbar in der Szene sein – dieses Objekt kann trotzdem Befehle ausführen, auch wenn es nicht sichtbar ist – es ist trotzdem in der Szene vorhanden und somit auch „referenzierbar“.

Dies ist von Nöten, wenn Objekte miteinander „kommunizieren“ sollen. Erst durch das Referenzieren wird deutlich, welches genaue Objekt angesprochen werden soll.

Möglich ist das Kommunizieren durch verschiedene Methoden, Eine Möglichkeit ist das jeweilige Objekt direkt auszuwählen. Als Beispiel dient ein simpler Lichtschalter und eine angeschlossene Lampe:

Im neu erstellen Objekt BP_Schalter wird eine Variable der Klasse BP_Lampe erstellt. Durch das Klicken des Augensymbols kann die Variable manuell später geändert werden („expose variable“). Dann wird in der Lampe ein CustomEvent namens „SwitchOnOff“ erstellt und die Logik für das An/Ausschalten des Lichts implementiert.



Abb. C-104: Erstellen der Variable

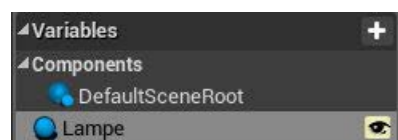


Abb. C-105: Freigeben der Variable

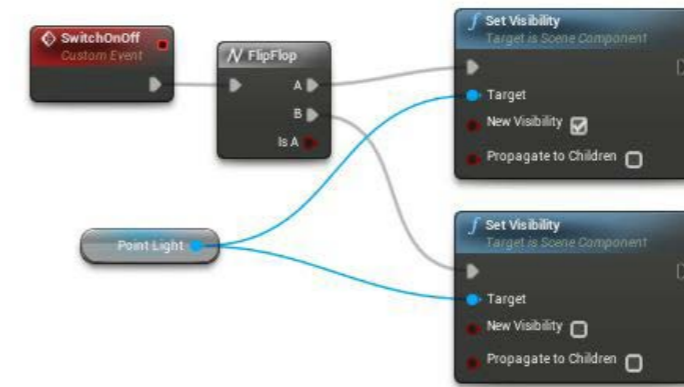


Abb. C-106: An und Ausschalten der Lampe

Im Schalter wird dann ein OneClick Event erstellt, welches das soeben erstellte Event „SwitchOnOff“ auslösen soll. (Dafür wird die Variable Lampe im Graph platziert und durch Ziehen des Pins das kontextsensitive Menü geöffnet. Dort wird einfach nach „SwitchOnOff“ gesucht)

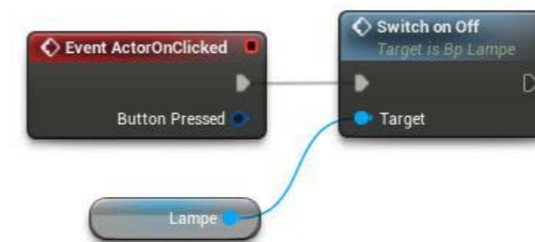


Abb. C-107: Schalter betätigen

Nun ist diese Variable „Lampe“ eigentlich noch leer, es muss dem Obejekt BP_Schalter erst mitgeteilt werden, welche Lampe gemeint ist.

Werden die zwei Objekte nun in einem gemeinsamen Level platziert, dann kann in den Details des Objekts „BP_Schalter“ für die Variable „Lampe“ das Objekt „BP_Lampe“ ausgewählt werden, da die Variable „exposed“ wurde (alle in der Szene verfügbaren Instanzen der BP_Lampe werden hier aufgelistet).

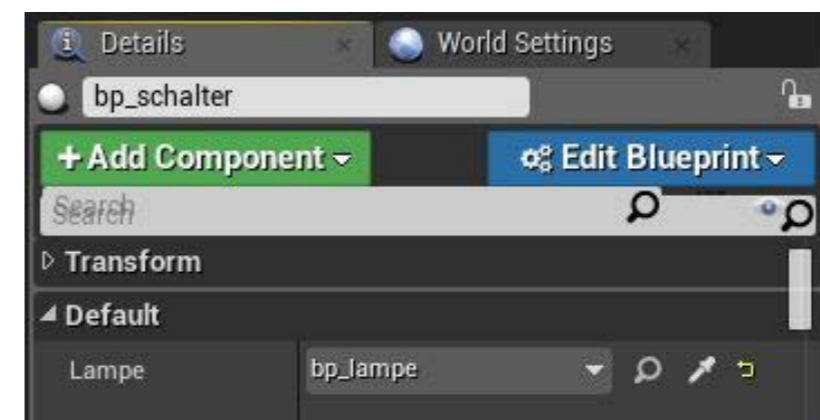


Abb. C-108: Manuelles referenzieren der Lampe

Nun funktioniert die Kommunikation der beiden Objekte miteinander.
Diese Technik benötigt viel Handarbeit und kann nicht während der Laufzeit angewendet werden. Hierfür wird z.B.: der Node „Get All Actors Of Class“ innerhalb des „BP_Schalters“ angewendet.

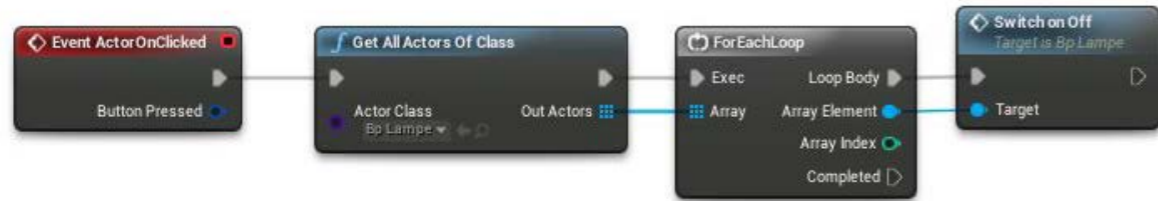


Abb. C-109: Automatisches referenzieren aller Lampen

Dadurch erhält man alle in der Szene enthaltenen Instanzen des Typs „BP_Lampe“ als Array. Diese Variante sollte nur in Ausnahmesituationen verwendet werden, da sie relativ rechenintensiv ist.

Eine weitere Möglichkeit ist über das sogenannte „Casting“: Overlap-Events können von den verschiedensten Actors ausgelöst werden. Möchte man aber dieses OverlapEvent nur vom Charakter auslösen lassen, dann kann der überlappende Actor (OtherActor) mittels eines „Casts“ daraufhin überprüft werden, ob es sich um ein Objekt der Klasse „Character“ handelt - wenn ja, dann ist der Cast positiv, sonst negativ. Wenn sich das Objekt nun als Charakter herausstellen sollte, können nun auch die darin enthaltenen Events und Funktionen aufgerufen werden, da es damit erfolgreich referenziert wurde.

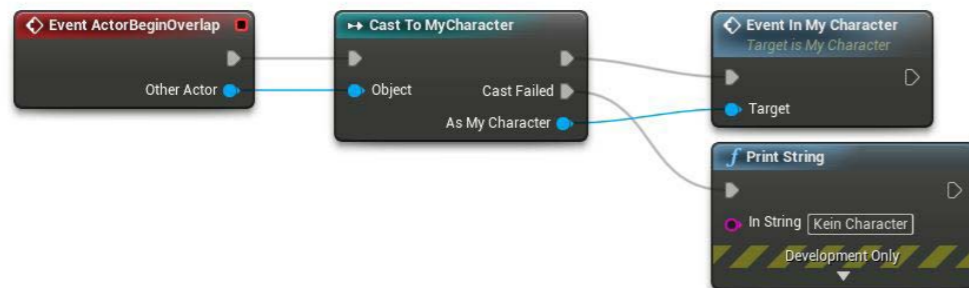


Abb. C-110: Kommunikation per Cast

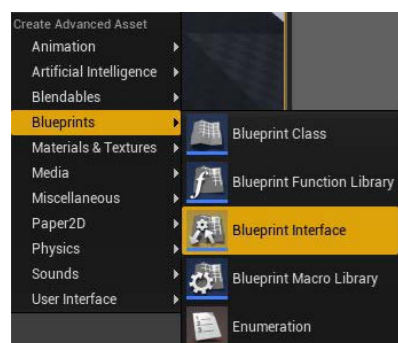


Abb. C-111: Erstellen eines Blueprint Interfaces

Eine weitere Kommunikationsmöglichkeit ist ein sogenanntes „Blueprint-Interface“. Dieses wird im Contentbrowser durch Rechts-Klick erstellt (hier in „BI_Interaction“ umbenannt) Innerhalb des Interfaces wird ein Event „OnInteraction“ erstellt. Dann wird es in den „Class Settings“ des Blueprint-Objekts (BP_Lampe in diesem Fall) ausgewählt und im BP_Schalter dieses Event mit dem Ziel der Variable „Lampe“ ausgelöst. Diese Art der Kommunikation hat den Vorteil, dass so mit einer Unzahl von verschiedenen Klassen kommuniziert werden kann, ohne jedes mal ein eigenes Event erstellen zu müssen. Sie müssen einfach nur das jeweilige Interface in den „Class Settings“ implementiert haben.



Abb. C-113: Interface-Message

C.8.7 DIVERSE BLUEPRINT-NODES

Branch:

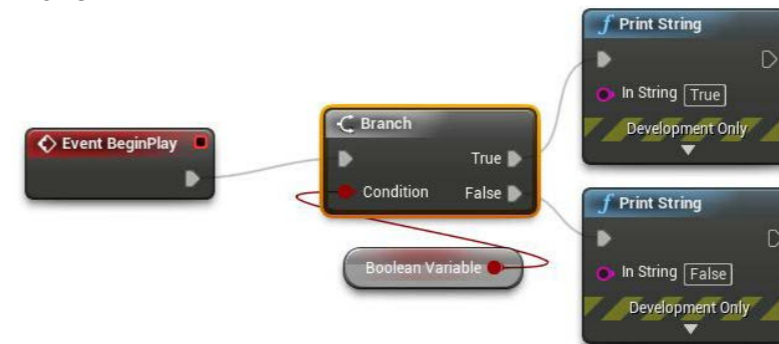


Abb. C-114: Branch-Node

FlipFlop: Abwechselnde Ausführung (z.B.: bei einem Lichtschalter)

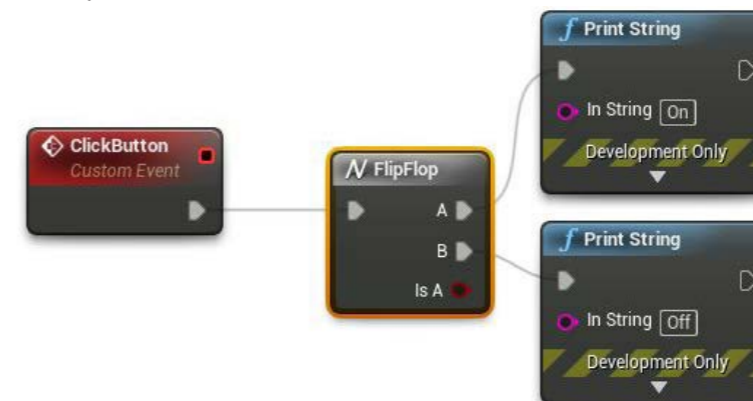


Abb. C-115: FlipFlop-Node

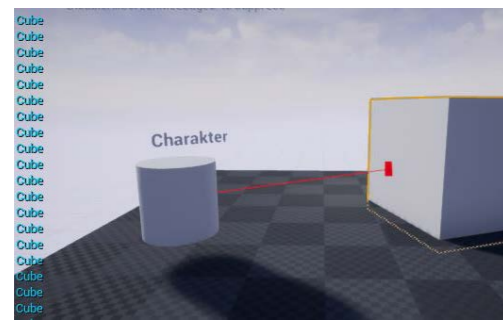
Delay /Retriggerable Delay: Pausiert für eine gewünschte Zeit die Ausführung, in diesem Fall 5 Sekunden. Um das Event „Fire“ nach dem Retriggerable Delay auszuführen darf 5 Sekunden keine erneute Ausführung des „Event 2“ folgen, da sonst wieder 5 Sekunden gewartet wird.



Abb. C-116: Delay Nodes



Abb. C-112: Implementierung des Blueprint-Interfaces



Raycast/LineTrace: Sendet einen „Strahl“ von einem gewünschten Startpunkt (z.B.: der Position des Charakters) zu einem Endpunkt aus. Kollidiert dieser Strahl mit etwas wird ein positives Ergebnis und das getroffene Objekt ausgegeben.

Abb. C-117: Linetrace Beispiel

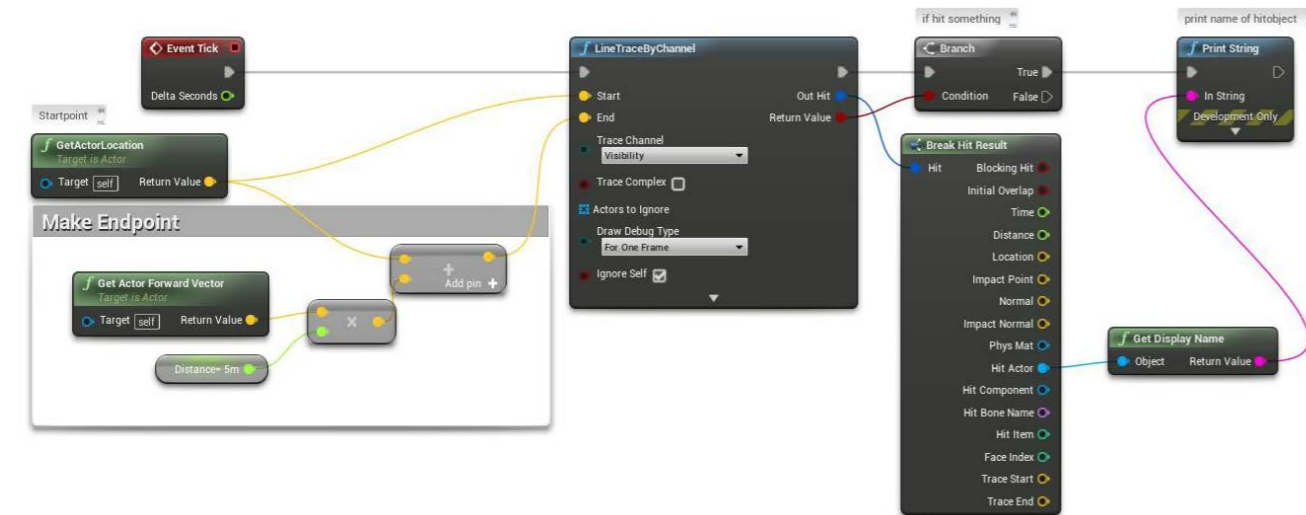


Abb. C-118: Linetrace-Node Graph Beispiel

Timeline: Ermöglicht zeitabhängige Abläufe, z.B.: das Öffnen einer Tür.

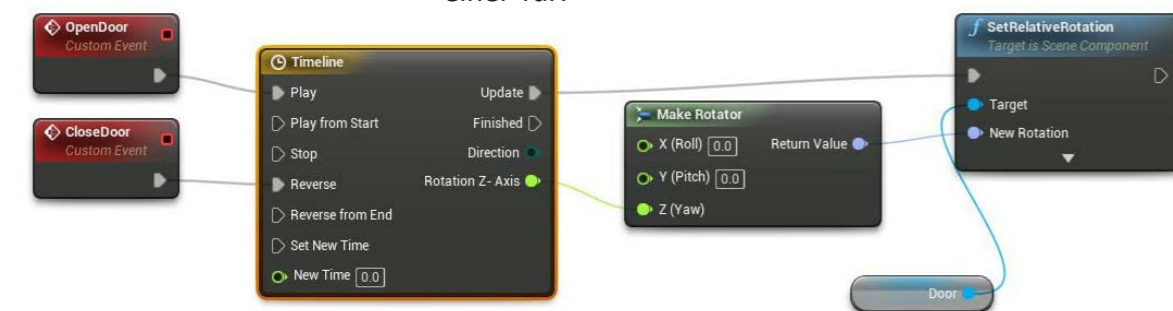


Abb. C-119: Timeline-Node Beispiel

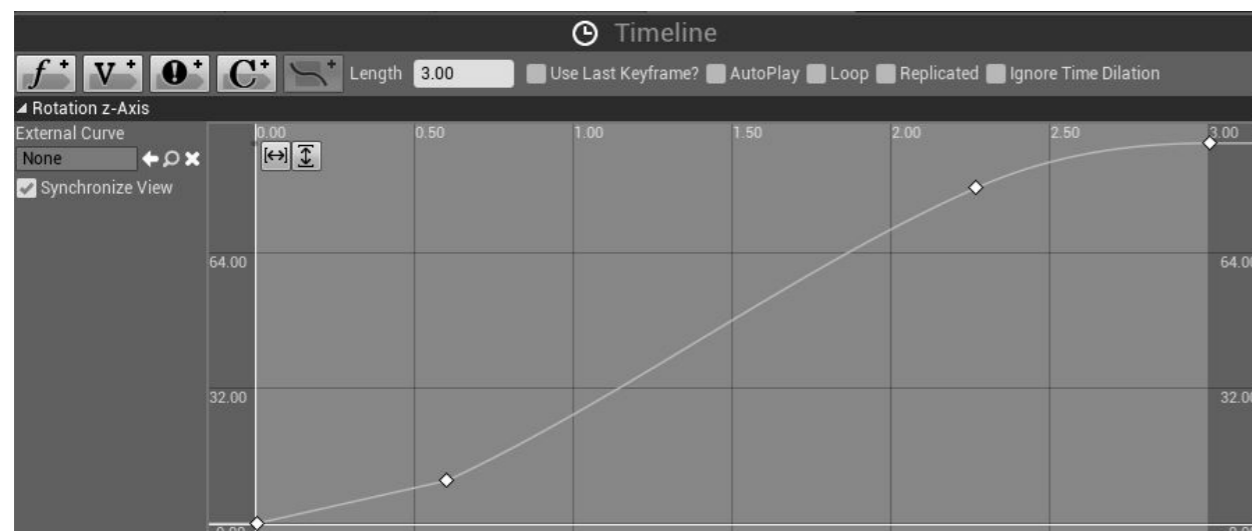


Abb. C-120: Timeline-Node Einstellungen

Es gibt noch eine Menge anderer, sehr häufig gebrauchter Nodes, jedoch wird dem Leser empfohlen hier einfach wild herumzuprobieren. Durch das Kontext-sensitive Menü innerhalb des Blueprint-Editors ist es ein Leichtes, die passenden bzw. richtigen Nodes zu finden.

C.9 MATINEE UND SEQUENZER

Mittels eines Sequencer-Objektes (bzw. in den älteren Unreal-Versionen Matinee-Objekt) lassen sich filmische Abläufe erstellen. Ein so ein Ablauf könnte z.B.: eine Kamerafahrt sein - diese Objekte sind daher für eine Architekturvisualisierung überaus wichtig. Über den Editor lassen sich so Shots auf verschiedenen Tracks verteilen und diese Shots wiederum mittels Keyframes steuern, wie man es aus anderen Programmen gewohnt ist. Es können aber auch bspw. Events direkt ausgelöst werden oder einzelne Objekte gesteuert werden. Das im Level platzierte Objekt kann dann entweder automatisch ausgelöst werden oder durch Referenzieren mittels dem Node „Play“ gestartet werden.

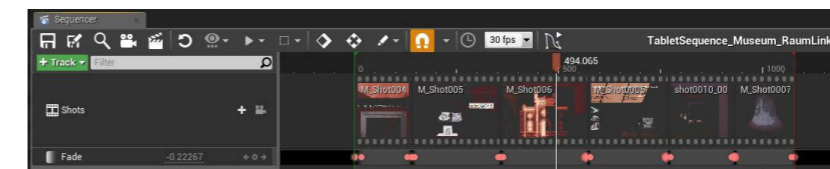


Abb. C-121: Sequencer UI

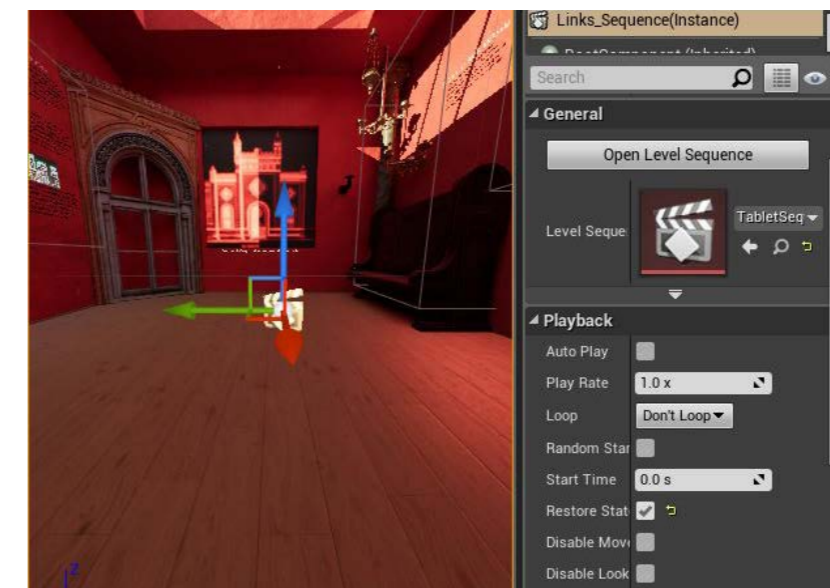


Abb. C-122: Sequencer-Objekt



Abb. C-123: Play Sequence

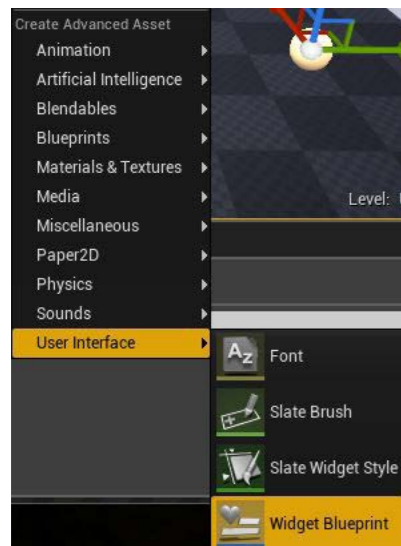


Abb. C-124: Widget Blueprint - Erstellung

C.10 DAS „WIDGET-SYSTEM“

Ein „Widget Blueprint“ ist Teil des „Unreal Motion Graphics UI Designer“ (UMG)-Systems. Erstellt wird es durch Rechtsklick im Contentbrowser. Hiermit lassen sich UI Elemente wie Menüs, Knöpfe, etc. erstellen. „Widgets“ sind eine Reihe von grafischen Elementen mit implementierbarer Funktion, wie z.B.: Buttons, Sliders etc. Die Widget Blueprints haben daher ebenso einen Eventgraph, wo festgelegt werden kann, was bspw. beim Klicken eines Knopfes passieren soll.

Im Widget Blueprint wird das UI entworfen. Verschiedene Widgets werden auf einem „Canvas“ platziert und per Anker die Position festgelegt. Zu beachten ist, dass die Visualisierung unterschiedliche Bildgrößen unterstützen sollte, da der Nutzer unterschiedliche Auflösungen nutzen könnte. Daher ist von diesen Anker abhängig, wie sich die Widgets bei der Änderung der Bildschirmgröße verhalten sollen.

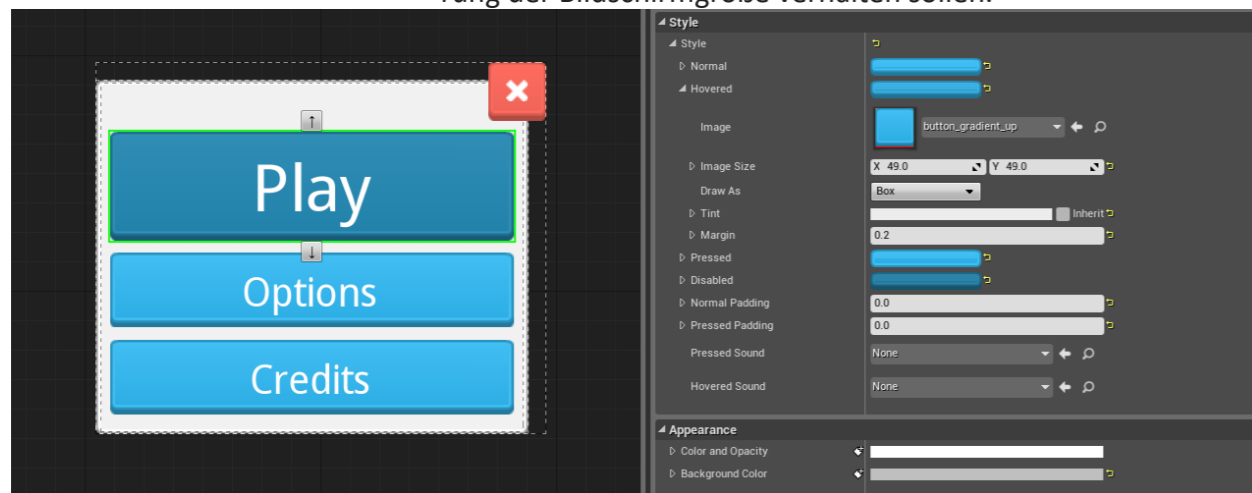


Abb. C-125: Widget Blueprint Editor

Ein Widget im Screenspace (d.h.: zweidimensional über das Bild gelegt) wird mittels des Nodes „Create Widget“ und der anschließenden „Add to Viewport“-Node angezeigt und mittels „Remove from Parent“ wieder gelöscht.

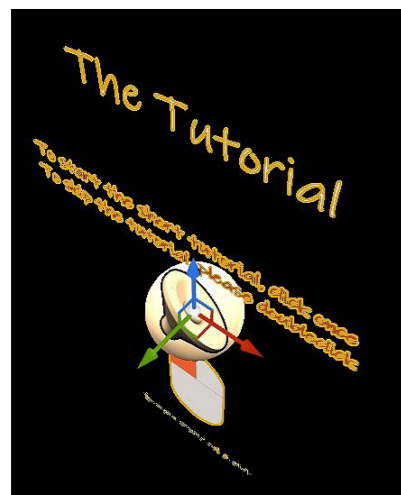


Abb. C-126: Widget in 3D

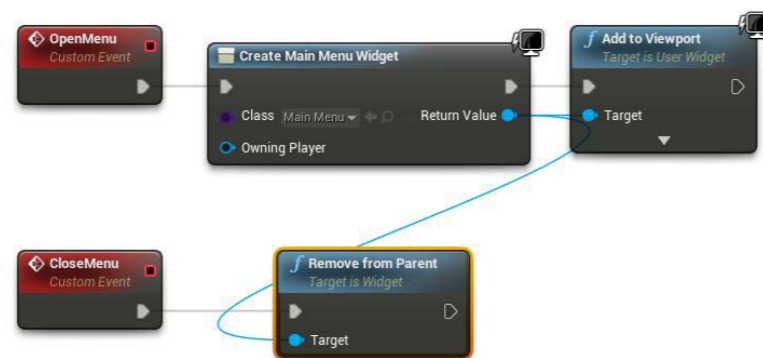


Abb. C-127: Widget Erstellung

Es ist aber auch möglich, Widgets dreidimensional in der Welt anzeigen zu lassen. Dies geht über ein „Widget Component“ innerhalb einer eigens erstellten Blueprint-Klasse. (Abb. C-126)

C.11 DAS NAVMESH

Das „Navmesh“ ist ein direkt in Unreal erstelltes Modell. Es spiegelt all jene Bereich wieder, welche begehbar sein sollen, sei es durch den Nutzer oder durch eine KI (Künstliche Intelligenz) (beides „Pawns“).(Abb. C-128) Durch die Platzierung von Nav-Mesh-Bounds Objekten aus dem „Modes“ Fenster per Drag & Drop wird dieses Nav-Mesh automatisch generiert. (Abb. C-129)(wenn die automatische Generation aktiviert ist, sonst muss über die obere Bildleiste „Build“ -> „Build Paths“ ausgewählt werden)

Verschiedene in der Level platzierbare Objekte können das Nav-Mesh bzw. das Verhalten des „Pawns“ auf dem Navmesh verändern, z.B.: ein Navmesh-Link, welcher das Überqueren eigentlich nicht verbundener Flächen ermöglicht. Innerhalb der Projekt-Settings unter Navigation kann die Erstellung des Navmeshs beeinflusst werden (z.B.: Zellhöhe) und unterschiedliche Navmeshs für unterschiedliche Pawns („Agents“ genannt) erstellt werden (da z.B.: ein kleiner „Pawn“ ohne Probleme in verwinkelte Ecken kann, ein riesiger „Pawn“ aber diese nicht betreten kann).



Abb. C-128: Navmesh

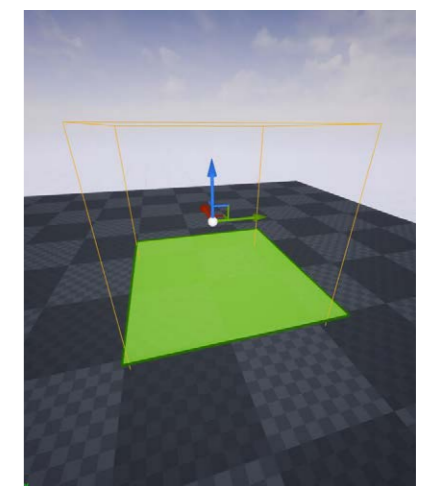


Abb. C-129: Navmesh-Bounds-Volumen

C.12 AUDIO

Die UE liest .wav Dateien. Diese können direkt durch Drag & Drop in einem Level platziert werden.(Abb. C-130) Wichtig sind die „Attenuation“-Einstellungen - d.h.: wie sich die Ton-Quelle auf verschiedene Entfernungen verhalten soll. Durch einen Rechtsklick auf eine Audio-Datei im Contentbrowser kann außerdem eine „Audio-Cue“ erstellt werden. Hier kann man mittels eines Nodesystems wieder unterschiedliche Effekte erzeugen.

Die Audiodateien können automatisch beim Start abgespielt werden oder mittels des Befehls „Play“ z.B.: innerhalb eines Levelblueprints abgespielt werden.

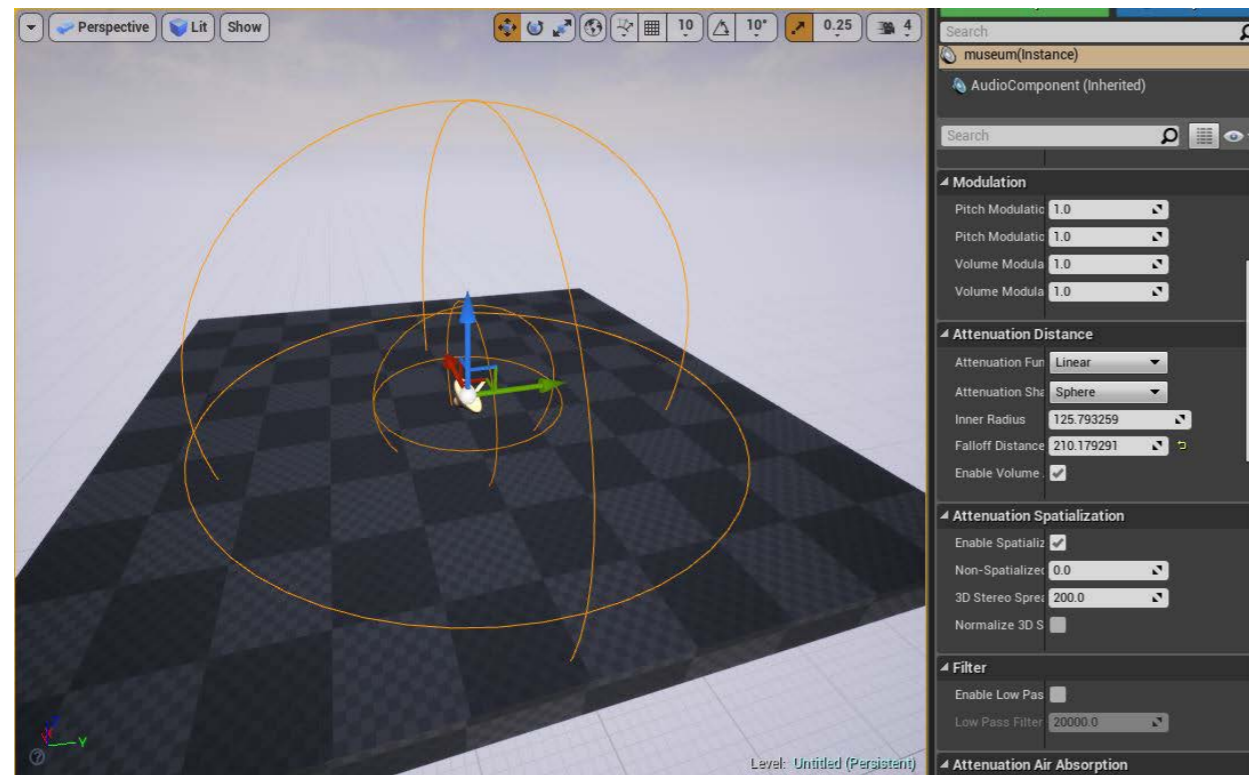


Abb. C-130: Ambient Sound (.wav Datei aus Content-Browser in Viewport gezogen)

C.13 OPTIMIERUNG

Neben der Nutzung von optimierten Modellen sind auch andere Faktoren für das „flüssige“ Erlebnis (d.h.: mindestens 30 Bilder pro Sekunde, für Virtual Reality sogar 90!) verantwortlich.

Hier gilt es, zwischen zwei Bereichen zu unterscheiden: Die CPU-Berechnungen und die GPU-Berechnungen. CPU-Berechnungen sollten i.d.R. bei einer Architekturvisualisierung das geringere Problem sein, außer man implementiert z.B.: eine komplizierte Gruppensimulation oder übertreibt es mit den „TICK“-Events. Daher soll sich hier der GPU-seitigen Optimierung gewidmet werden:

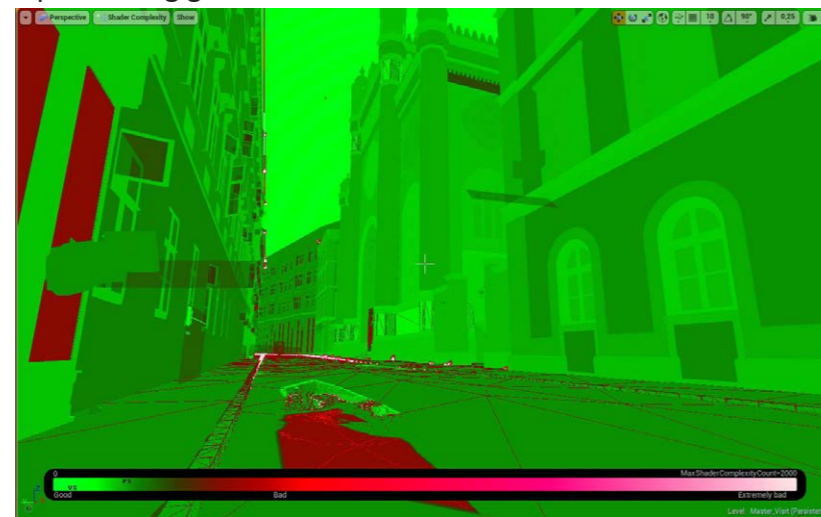


Abb. C-131: Shader Complexity-Viewmode

Entscheidend für die Performance sind die Anzahl gleichzeitig auf dem Bildschirm befindlicher Objekte/Polygone, die Anzahl (und Art) von Materialien (z.B.: durchsichtige Materialien wie Glas sind aufwendiger, „Shader Complexity“), die Anzahl von benötigten Texturen, Beleuchtungsberechnungen etc.

Die Regel „so viel wie nötig - so wenig wie möglich“ macht hier durchaus Sinn. Es bringt z.B.: sehr wenig für ein relativ kleines Objekt eine Textur mit 2048x2048 Pixel zu verwenden, wenn schon eine 512x512 Pixel Textur ausreichen würde. Auch sollten nicht alle Objekte einzigartige Texturen besitzen (häufig reicht auch eine kachelbare Textur) und wenn, dann sollten sie in einem Textur-„Atlas“ zusammengefasst werden. (Texturen mehrerer „einzigartiger“ Objekte werden in einer Textur zusammengefasst, z.B.: ein Texturset für alle Säulen z.B.: Abb. 5-26)

Über die Tastenkombination Strg+Shift+, lässt sich ein Frame analysieren um genau festzustellen, wie-lange die jeweiligen Berechnungen dauern bzw. wo noch eingespart werden kann. (Abb. C-132)

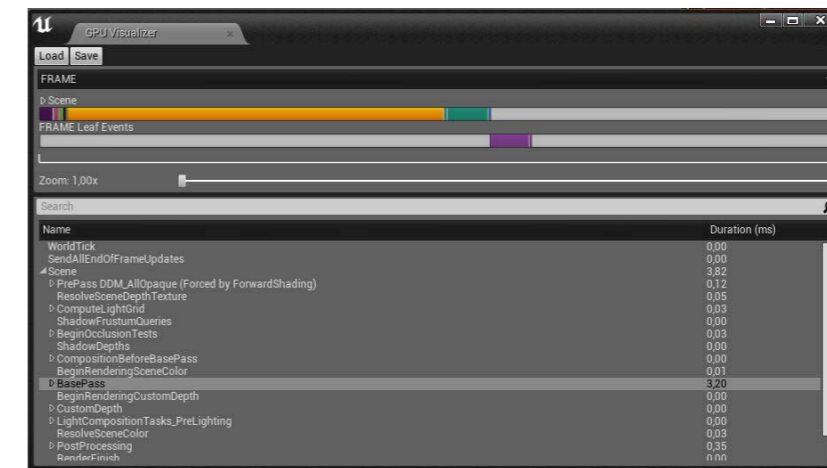


Abb. C-132: GPU Frametime-Visualizer

C.13.1 ERSTELLEN VON LODS

Eine Besonderheit von Realtime-Engines sind sogenannte LODs (Level-of-Detail-Objekte). Darunter versteht man mehrere Detaillierungsstufen, welche abhängig – entweder von der Distanz der Camera zu dem Objekt oder der prozentuellen Größe auf dem Monitor - ausgetauscht werden. Dies sorgt für eine beträchtliche Renderereleichterung für die GPU, da nur die nahen Objekte mit ihrer vollen Qualität gerendert werden müssen und Objekte in der Distanz relativ simpel dargestellt werden können, ohne dass es einen großen Einfluss auf die allgemeine Visualisierungsqualität hat.

Das am besten aufgelöste Modell, welches bei nächster Betrachtung erscheinen soll, ist hierbei der LOD Stufe 0. Die Qualität der LOD Stufen darüber (LOD Stufe 1, 2, 3..usw.) nimmt daher mit zunehmender Zahl immer mehr ab.

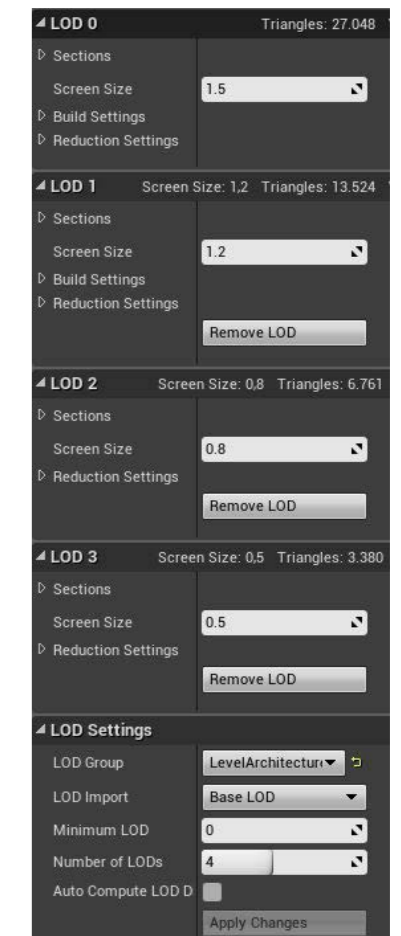


Abb. C-133: LOD-Settings



Abb. C-134: Modell LOD 0

LOD Erstellung Unreal LOD0 → LOD1 → LOD2 usw.

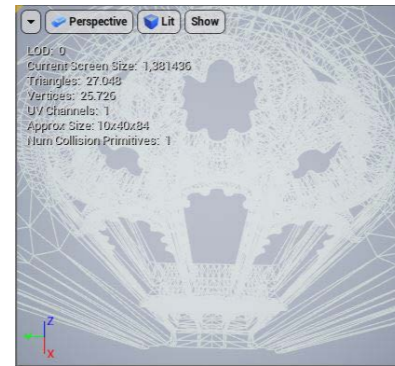


Abb. C-135: LOD 0

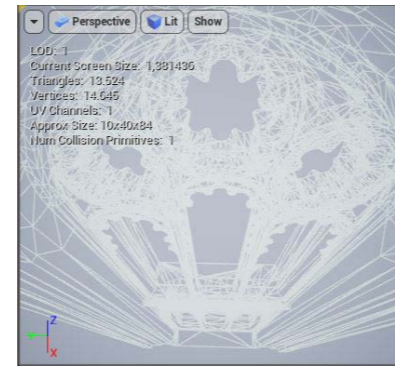


Abb. C-136: LOD 1

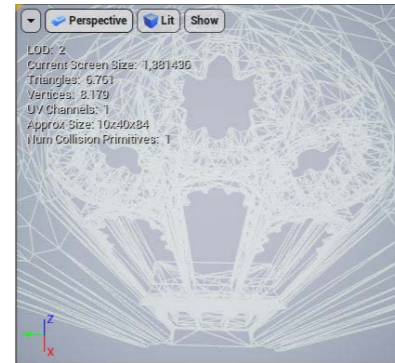


Abb. C-137: LOD 2

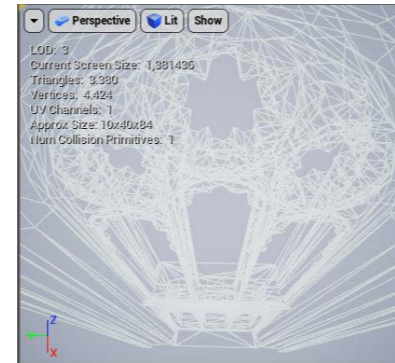


Abb. C-138: LOD 3

Vor der Unreal Version 4.14 müssen LODs noch manuell hergestellt werden, was ein großer Zeitfresser ist. Es gibt zwar Programme für die automatische Herstellung solcher Modelle (z.B.: Simplygon), welche jedoch sehr teuer sind. Ab der Unreal Engine 4.14 ist aber eine automatische LOD Erstellung in Unreal integriert. Diese LODs sind in der Regel qualitativ ausreichend. Hierbei wird die Polygon-Topologie so verändert, dass Veränderungen ohne wirklich sichtbare Unterschiede bevorzugt werden (D.h.: kurze Kanten werden gelöscht, nahe Scheitelpunkte verschweißt usw., jedoch die Silhouette des Modells im Großen und Ganzen erhalten). Erstellt werden sie direkt beim Import oder in den Objekteinstellungen. Hier muss nur eine LOD-Gruppe ausgewählt werden und Unreal erstellt die für diese Gruppe eingestellten LOD-Stufen.

Die verschiedenen Anzeigedistanzen werden automatisch eingestellt, ab und zu ist es aber nötig, eigene Werte zu verteilen. (Auto Compute LOD Distance Off) Die Anzeigedistanz ist dabei abhängig von der Größe des Objektes im „Screenpace“. (Abb. C-133)

Manche Modelle wie z.B.: das hier abgebildete Gitter benötigen aber trotzdem eine händische LOD Erstellung. (Abb. C-139) Eine herkömmliche Polygonreduktion kann bei diesem Modell nur einen Bruchteil der Polygone reduzieren, bevor es durch die schlanken Glieder und die Krümmung zu stark sichtbaren Unterschieden bzw. Fehlern kommen würde. (Abb. C-140)

Daher ist es hier sinnvoller, eine simple Textur mit Alpha-Kanal in der höchsten LOD-Stufe zu verwenden. So wird mit einem Schlag nur mehr ein Polygon benötigt und somit werden viele Ressourcen gespart. (Abb. C-141)



Abb. C-139: Gitter LOD 0

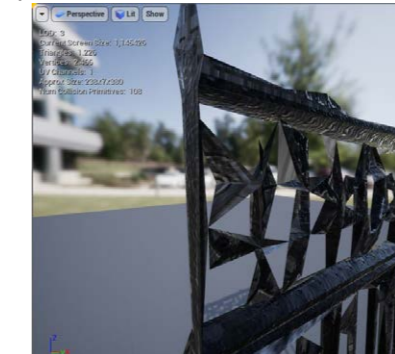


Abb. C-140: Gitter automatisches LOD 1, 1226 Triangles



Abb. C-141: Gitter manuelles LOD 1 mittels Alpha-Map, 2 Triangles

Der Nachteil diese Methode ist natürlich, dass sie um einiges aufwändiger ist, da die Textur (in diesem Fall das zweidimensionale Gitter) erst händisch erstellt werden muss (mittels Baking, siehe Kapitel „B.3.2 Der „Baking“-Prozess“ auf Seite 149), aber auch dass es ab einem gewissen Winkel sichtbar wird, dass es sich nur um eine zweidimensionale Fläche handelt.

C.14 EIN PROJEKT FERTIGSTELLEN / „PUBLISHERN“

Um ein Projekt fertigzustellen, muss es für ein Zielsystem „gepackt“ werden. Dadurch wird es als eigenständige .exe Datei ausführbar. Dies geht unkompliziert über die Menüs.

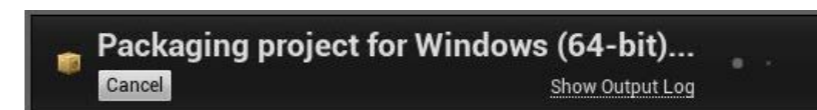


Abb. C-142: Package-Prozess

C.15 ABSCHLIESSENDE WORTE ZUR EINFÜHRUNG

Bei gewecktem Interesse des Lesers soll auf die oft hochwertigen Tutorials auf Youtube hingewiesen sein. Auch auf die vom Hersteller „Epic Games“ selbst erstellte Dokumentation unter <https://docs.unrealengine.com> soll erinnert sein, denn dort werden alle verfügbaren Funktionen der UE aufgelistet. Weiters hilft die UE-Community im offiziellen Forum (eigenes Arch-Viz Unterforum) oder dem sogenannten „Answerhub“ bei Fragen immer gerne aus.

D. QUELLENVERZEICHNIS

BECKERMANN Ruth, Die Mazzesinsel - Juden in der Wiener Leopoldstadt 1918-38, Löcker Verlag, Wien, 1984
BRUGGER Eveline, KEIL Martha, LICHTBLAU Albert, LIND Christoph und STAUDINGER Barbara, Geschichte der Juden in Österreich, Ueberreuter, Wien, 2006
CSENDES Peter und Ferdinand OPLL, Wien: Von 1790 bis zur Gegenwart, Böhlau Verlag, 2006
GRUNWALD Max, Geschichte der Wiener Juden bis 1914, Selbstverlag der israelitischen Kultusgemeinde, Wien, 1926
GOLDHAMMER Leo, Die Juden Wiens: eine statistische Studie, R. Löwit Verlag, 1972
JELLINEK Adolf, Zwei Reden zur Schlußsteinlegung und zur Einweihung des neuen israelitischen Tempels in der Leopoldstadt am 18. Mai und 15. Juni 1858, A. Knöpflmacher, Wien, 1858
JELLINEK Adolf, Predigen, Zweiter Theil, Carl Gerold's Sohn, Wien, 1863
KLEIN Rudolf, The Great Synagogue of Budapest, Hungarian edition TERC Kft, Budapest, 2008
KLUSACK Christine und SIMMER Kurt, Leopoldstadt, Verlag Kurt Mohl, Wien, 1978
KOPPELKAMM Stefan, Orientalisierende Architektur des 18. und 19. Jahrhundert, In: Exotische Welten. Europäische Phantasien
KRAUSS Samuel, Die Wiener Geserah vom Jahre 1421, Verlag W. Braumüller, Wien-Leipzig, 1920
Krinsky, Carol, Synagogues of Europe: Architecture, History, Meaning; Dover Publications, New York, 1996
LAZEWSKI Maciej Roman, Virtuelle Rekonstruktion der Synagoge Jablonec nad Nisou (Gablonz an der Neiße), Wien, Techn. Univ., Dipl.-Arb., 2014
LENGAUER Klaus, Computergestützte Rekonstruktion der sefardischen Synagoge in Wien II, Zirkusgasse 22, Diplomarbeit, TU Wien, 2006
MÜLLER Ines, Die Otto Wagner-Synagoge in Budapest, Verlag Löcker, Wien, 1992
MARCZOCH Ludwig, Orientalismus in Europa vom 17. - 19. Jahrhundert in der Architektur und Innenraumgestaltung, Dissertation, Universität Mainz, Frankfurt am Main, 1989
POLASCHEGG Andrea, Der andere Orientalismus. Regeln deutsch-morgenländischer Imagination im 19. Jahrhundert, Berlin, 2005
SCHUBERT Kurt, Die Geschichte des österreichischen Judentums, Böhlau Verlag, Wien, 2008
PRIBRAM Alfred Frances, Urkunden und Akten zur Geschichte der Juden in Wien, Erste Abteilung, Allgemeiner Teil 1526 - 1847 (1849), Verlag W. Braumüller, Wien - Leipzig 1918, S. 235 - 237.
SEMSROTH Klaus, Werkdokumentation Christian Ludwig Ritter von Förster, Institut für Städtebau, Raumplanung und Raumordnung, Technische Universität Wien, Wien, 1985
STERN Selma, Der Hofjude im Zeitalter des Absolutismus, J. C. B. Mohr (Paul Siebeck), Tübingen, 2001
TAVACIOGLU Yıldız, Virtuelle Rekonstruktion der Synagoge in Bzenec, Dipl.Arbeit, TU Wien, 2015
TIETZE Hans, Die Juden Wiens, mandelbaum verlag, Wien, 2007
ULBRICH Karl, Burgenländische Heimatblätter, Die Baugeschichte der Erdödy-Schlösser in Rotenturm an der Pinka, Karl Ulbrich, Eisenstadt, 1978
WAGNER-RIEGER Renate, Vom Klassizismus bis zur Secession, In „Geschichte der Stadt Wien VII/3, Wien 1973
WALLMÜLLER Daniela, Computerunterstützte Rekonstruktion des Leopoldstädter Tempels, Dipl.-Arbeit, TU Wien, 2001

Internet

<https://www.deutsche-biographie.de/sfz69795.html>, 16.04.2018
<http://www.architektenlexikon.at/de/1061.html>, 16.04.2018
https://www.wienerzeitung.at/nachrichten/wien/stadtleben/555619_Der-vergessene-Architekt.html, 16.04.2018
https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/J%C3%BCdisches_Leben_in_Wien, 08.06.2018
https://austria-forum.org/af/Biographien/F%C3%B6rster%2C_Ludwig_Christian_Ritter_von, 03.09.2018
<http://davidkultur.at/artikel/der-leopoldstadter-tempel>, 08.08.2018
<https://www.mediathek.at/portaltreffer/atom/150F322E-313-0013B-00000B14-150E37B7/pool/BWEB/>, 6.5.2018
<https://de.wikipedia.org/wiki/Orient>, 3.5.2018
<https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Schlom>, 1.3.2018
[https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Judenstadt_\(1\)](https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/Judenstadt_(1)), 1.3.2018
http://www.israelaktuell.at/c4i-at/zeitung/artikel_aug_sept_2009/die_geschichte_der_juden_in_wien, 1.3.2018
<http://www.bundespraesident.at/historisches/geschichte-der-hofburg/>, 2.3.2018
https://austria-forum.org/af/AustriaWiki/Leopoldskirche_%28Leopoldstadt%29, 2.3.2018
https://de.wikisource.org/wiki/Das_Toleranzpatent_Kaiser_Joseph_II. 3.3.2018
<https://www.geschichtewiki.wien.gv.at/index.php?title=Stadttempel> 4.3.2018

<http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rgb&datum=18490005&seite=00000165>, 4.8.2018
<http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rgb&datum=1852&page=113&size=45>, 4.8.2018
<http://alex.onb.ac.at/cgi-content/alex?aid=rgb&datum=18670004&seite=00000394>, 4.8.2018
<https://www.ikg-wien.at/geschichte-der-ikg-wien/> 4.8.2018
<https://www.sueddeutsche.de/muenchen/-november-spontaner-volks-zorn-von-goebbels-inszeniert-1.764537> 05.08.2018
<https://www.denkmalwien.at/rundgaenge/rundgang-wir-und-die-anderen/stadttempel-israelitische-kultusgemeinde-wien> 5.8.2018

Zeitungen

Allgemeine Bauzeitung 1840
Allgemeine Bauzeitung 1843
Allgemeine Bauzeitung 1849
Allgemeine Bauzeitung 1850
Allgemeine Bauzeitung 1859
Allgemeine Zeitung des Judenthums 20.05.1850
Allgemeine Zeitung des Judenthums 14.06.1851
Allgemeine Zeitung des Judenthums 14.02.1853
Allgemeine Zeitung des Judenthums 09.05.1853
Allgemeine Zeitung des Judenthums 29.08.1853
Allgemeine Zeitung des Judenthums 10.10.1853
Allgemeine Zeitung des Judenthums 24.04.1854
Allgemeine Zeitung des Judenthums 15.05.1854
Allgemeine Zeitung des Judenthums 06.11.1854
Allgemeine Zeitung des Judenthums 11.12.1854
Allgemeine Zeitung des Judenthums 11.01.1855
Allgemeine Zeitung des Judenthums 17.05.1858
Allgemeine Zeitung des Judenthums 31.05.1858
Allgemeine Zeitung des Judenthums 05.07.1858
Allgemeine Zeitung des Judenthums 13.09.1858
Das kleine Blatt 20.1.1929
Die Neuzeit 24.11.1882
Die Neuzeit 22.05.1903
Die Presse 27.03.1858
Die Presse 28.03.1958
Die Presse vom 16.06.1858
Jüdische Volksstimme 1.6.1908
Morgen Post 16.06.1885
Neue Freie Presse 31.03.1893
Neues Wiener Tagesblatt 2.10.1921
Reichspost 27.01.1903
Wiener Zeitung 16.6.1858

E. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Nicht angegebene Abbildungen stammen vom Verfasser

- S. 2 Abb. 1-1.: **Tempel um 1910**
Bildarchiv der Österreichischen Nationalbibliothek
- S. 2 Abb. 2-1: **„Das israelitische Bethaus in der Wiener Vorstadt Leopoldstadt“, Straßenfassade**
Allgemeine Bauzeitung 1859, Pläne S. 235
- S. 3 Abb. 2-2: **Ludwig Förster**
https://de.wikipedia.org/wiki/Ludwig_F%C3%B6rster#/media/File:Ludwig_F%C3%B6rster_Litho.jpg, abgerufen am 5.4.2018
- S. 5 Abb. 2-3: **Grundstück im Jahr 1710**
Steinhausenplan, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 5 Abb. 2-4: **Grundstück im Jahr 1773**
1773 Vogelperspektive Huber, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 5 Abb. 2-5: **Grundstück im Jahr 1822**
1822 Plan von Behsel, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 5 Abb. 2-6: **Grundstück im Jahr 1858**
1858 Stadtplan, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 6 Abb. 2-7: **Grundstück im Jahr 1938**
1938 Luftbild, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 6 Abb. 2-8: **Grundstück im Jahr 1946**
1946 Kriegssachschaden, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 6 Abb. 2-9: **Grundstück im Jahr 1956**
1956 Luftbild, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 6 Abb. 2-10: **Grundstück im Jahr 2016**
2016 Luftbild, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 7 Abb. 2-11: **Hansens Wettbewerbsentwurf**
aus MÜLLER Ines, Die Otto Wagner-Synagoge in Budapest, Verlag Löcker, Wien, 1992, S.53
- S. 8 Abb. 2-12: **Schluss-Stein-Urkunde**
aus GENÉE, Pierre: Wiener Synagogen 1826-1938. Wien 1987
- S. 9 Abb. 2-13: **Wilhelm Stiassny**
<http://www.architektenlexikon.at/de/625.htm>, abgerufen am 23.6.2018
- S. 10 Abb. 2-14: **Straßenansicht Einreichpläne 1905**
Wiener Stadt- und Landesarchiv
- S. 10 Abb. 2-15: **Hofansicht Einreichpläne 1905**
Wiener Stadt- und Landesarchiv
- S. 10 Abb. 2-16: **Hof nach dem Brand**
ÖNB, Inventarnummer 505619- B
- S. 10 Abb. 2-17: **Einladung zum 50-jährigen Jubiläum**
<https://geoffreyshisler.files.wordpress.com/2013/02/50th-anniversary-invite.jpg> abgerufen am 25.08.2018
- S. 10 Abb. 2-18: **Innenraum nach dem Brand 1**
aus: Das interessante Blatt, S. 9
- S. 10 Abb. 2-19: **Innenraum nach dem Brand 2**
aus: Das interessante Blatt, S. 9
- S. 11 Abb. 2-20: **Im zerstören Tempel**
<https://homepage.univie.ac.at/elisabeth.fraller/Tempelgasse3/img/galerie/08.jpg>, abgerufen am 7.9.2017
- S. 12 Abb. 2-24: **Projekt „Memorial“**
aus: KRISTAN Martin, MARTIN KOHLBAUER: A VIENNESE ARCHITECT
- S. 13 Abb. 2-25: **Der Tempel nach 1900**
ÖNB, Inventarnummer 97.315- B
- S. 13 Abb. 2-26: **Der Tempel 1880**
Archiv IKG Wien, Bestand Jerusalem, A/W 1275
- S. 13 Abb. 2-27: **Tempel vor 1900**
<http://lcdl.library.cofc.edu/lcdl/catalog/lcdl:41219> abgerufen am 18.9.2017
- S. 13 Abb. 2-28: **Der Tempel 1860**
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Leopoldst%C3%A4dter_Tempel_1860_Rudolf_von_Alt_Lithographie.jpg abgerufen am 18.9.2017
- S. 14 Abb. 2-29: **Verbindung Synagoge/nördlicher Seitentrakt**
Allgemeine Bauzeitung 1859, S. 230 Pläne
- S. 14 Abb. 2-30: **Blendmauer südlicher Hof**
Allgemeine Bauzeitung 1859, S. 230 Pläne
- S. 14 Abb. 2-31: **Blendmauer südlicher Hof**
Jüdisches Museum Wien, Archiv, Inv. Nr. 4119
- S. 14 Abb. 2-32: **Tempel und südlicher Seitentrakt vor 1900**
Ansichtskarte Museum der Stadt Wien
- S. 15 Abb. 2-34: **Der Tempel Salomos (Rekonstruktion)**
https://de.wikipedia.org/wiki/Jerusalem_Tempel#/media/File:Tempel_Salomos.PNG abgerufen am 6.7.2018
- S. 15 Abb. 2-35: **Foto um 1910, die zwei acht-eckigen Hauptsäulen sind am Bildrand erkennbar**
Bildarchiv der Österreichischen Nationalbibliothek
- S. 17 Abb. 2-36: **Innenraum vor 1900**
Museum der Stadt Wien
- S. 17 Abb. 2-37: **Innenraum vor 1900**
Jüdisches Museum
- S. 18 Abb. 2-38: **Innenraum nach 1900, Maler: Emil Ranzenhofer**
[https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Emil_Ranzenhofer_\(1864-1930\),_Inneres_der_Synagoge_in_der_Tempelgasse,_Leopoldst%C3%A4dter_Tempel_Wien.PNG](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Emil_Ranzenhofer_(1864-1930),_Inneres_der_Synagoge_in_der_Tempelgasse,_Leopoldst%C3%A4dter_Tempel_Wien.PNG) abgerufen am 5.4.2017
- S. 18 Abb. 2-39: **Innenraum um 1910**
Bildarchiv der Österreichischen Nationalbibliothek
- S. 19 Abb. 2-40: **Innenraum nach 1922, Maler: Richard Moser**
https://austria-forum.org/af/Bilder_und_Videos/Historische_Bilder_IMAGNO/Wien/00620605 abgerufen am 5.4.2017
- S. 19 Abb. 2-41: **Querschnitt, eiserne Konstruktion, Einreichpläne 1855**
aus Einreichplan 1855, Wiener Stadt- und Landesarchiv
- S. 19 Abb. 2-42: **Längsschnitt, eiserne Konstruktion, Einreichpläne 1855**
aus Einreichplan 1855, Wiener Stadt- und Landesarchiv
- S. 19 Abb. 2-43: **Deckenplan, eiserne Konstruktion, Einreichpläne 1855**
aus Einreichplan 1855, Wiener Stadt- und Landesarchiv
- S. 21 Abb. 2-44: **Dachstuhl in Budapest**
aus KLEIN Rudolf, The Great Synagogue of Budapest, Hungarian edition TERC Kft, Budapest, 2008, S. 114
- S. 21 Abb. 2-45: **Ausschnitt Längsschnitt ABZ 1859**
Ausschnitt aus Allgemeine Bauzeitung 1859, Pläne S. 234
- S. 22 Abb. 2-47: **Vergleich Einreichpläne/ Ausgeführter Bau**
aus Einreichplan Wiener Stadt- und Landesarchiv, Autor
- S. 23 Abb. 2-48: **Vergleich Einreichpläne/ Präsentationspläne**
aus Einreichplan Wiener Stadt- und Landesarchiv, Allgemeine Bauzeitung 1859 Pläne S. 235
- S. 23 Abb. 2-49: **Treppengiebel im Einreichplan**
aus Einreichplan Wiener Stadt- und Landesarchiv
- S. 23 Abb. 2-50: **Dach bzw Treppengiebel im Einreichplan**
aus Einreichplan Wiener Stadt- und Landesarchiv
- S. 23 Abb. 2-51: **Dach bzw Treppengiebel im Einreichplan**
aus Allgemeine Bauzeitung 1859, Pläne, S. 234
- S. 24 Abb. 2-52: **Minarett im Schlosspark Lednice von 1797**
<https://www.zamek-lednice.com/de/visitors-information/tours/781-minarett>, abgerufen am 25.08.2018
- S. 24 Abb. 2-53: **Dampfmaschinenhaus für Sanssouci in Potsdam, von 1843**
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Potsdam_Dampfmaschinenhaus.jpg, Wikipedia/Michiel1972, abgerufen am 25.08.2018
- S. 25 Abb. 2-54: **Aegyptische-Baugruppe, Wiener Weltausstellung 1873**
MAK – Österreichisches Museum für angewandte Kunst / Gegenwartskunst <http://www.wiener-weltausstellung.at/aegyptische-bauten.html>, abgerufen am 25.08.2018
- S. 25 Abb. 2-55: **Karlsruher Synagoge**
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Karlsruhe_Synagoge_1810.jpg, abgerufen am 25.08.2018
- S. 26 Abb. 2-56: **Entwurf von Bromeis für die Kassler Synagoge**
<http://www.alemannia-judaica.de/images/Images%2071/Kassel%20Synagoge%20013.jpg>, abgerufen am 25.08.2018
- S. 26 Abb. 2-57: **Ingenheimer Synagoge**
<http://www.alemannia-judaica.de/images/Images%2070/Ingenheim%20Synagoge%20023.jpg> abgerufen am 25.08.2018
- S. 26 Abb. 2-58: **Dresden, Synagoge 1898**

- S. 27 Abb. 2-59: **Ischtar-tor**
http://deacademic.com/pictures/dewiki/68/Dresden%2C_alte_Synagoge_innen_-_1898_Versi-on_1.jpg, abgerufen am 25.08.2018
- S. 27 Abb. 2-59: **Ischtar-tor**
<https://www.kohberg.net/wp-content/uploads/2016/09/pergamon-ischtar-tor.jpg>, abgerufen am 25.08.2018
- S. 28 Abb. 2-60: **Ziegemuster in der Abz 1850**
 aus Allgemeine Bauzeitung 1850, S.17
- S. 28 Abb. 2-61: **Schloss Le Moulin, Ziegemuster**
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moulin05.jpg>, abgerufen am 1.3.2018
- S. 28 Abb. 2-62: **Ziegemuster in der ABZ 1858**
 aus Allgemeine Bauzeitung 1858, S.172
- S. 28 Abb. 2-63: **Ziegemuster in der ABZ 1858**
 aus Allgemeine Bauzeitung 1858, S.172
- S. 29 Abb. 2-64: **Ansicht Schloss Königstetten**
 aus Allgemeine Bauzeitung 1849, S. 248
- S. 29 Abb. 2-65: **Arsenal (heeresgeschichtliches Museum)**
https://www.hgm.at/fileadmin/_processed_/csm_HGM_aussenansicht_af64262dcf.jpg abgerufen am 25.08.2018
- S. 29 Abb. 2-66: **Castello Brescia**
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Brescia_-_Castello.jpg abgerufen am 25.08.2018
- S. 29 Abb. 2-67: **Arsenal Venedig**
<http://toscadeau.eu/wp-content/uploads/2017/09/k-Arsenal.jpg> abgerufen am 25.08.2018
- S. 29 Abb. 2-68: **Dogenpalast, Venedig**
<https://www.florence-tickets.com/de/venedig/dogenpalast-und-die-museen-am-markusplatz/dogenpalast-und-die-museen-am-markusplatz> abgerufen am 25.08.2018
- S. 30 Abb. 2-69: **Mainzer Hauptsynagoge, 1853**
https://de.wikipedia.org/wiki/Hauptsynagoge_Mainz#/media/File:Hauptsynagoge_in_Mainz_-_1853.jpg abgerufen am 25.08.2018
- S. 31 Abb. 2-70: **Eine Säulenreihe in der Alhambra**
<https://www.flickr.com/photos/victorgil84/7456539058> abgerufen am 25.08.2018
- S. 31 Abb. 2-71: **Zinnen in Persepolis (Darius-Palast)**
https://en.wikipedia.org/wiki/Battlement#/media/File:Persepolis-Darius_palace-stairs_relief.jpg abgerufen am 25.08.2018
- S. 31 Abb. 2-72: **Zinne in der Alhambra**
<https://www.flickr.com/photos/jakerollo/3522143057/in/pool-solo-alhambra> abgerufen am 25.08.2018
- S. 33 Abb. 2-73: **Foto nach 1900**
 ÖNB, Inventarnummer 97.314- B
- S. 34 Abb. 3-1: **Längsschnitt ABZ 1859**
 Allgemeine Bauzeitung 1859, Pläne S. 234
- S. 34 Abb. 3-3: **Erdgeschoss ABZ 1859**
 Allgemeine Bauzeitung 1859, Pläne S. 230
- S. 34 Abb. 3-4: **Erstes Geschoss ABZ 1859**
 Allgemeine Bauzeitung 1859, Pläne S. 231
- S. 34 Abb. 3-2: **Längsschnitt ABZ 1859**
 Allgemeine Bauzeitung 1859, Pläne S. 233
- S. 35 Abb. 3-5: **Synagoge in Pardubice**
<http://www.pardubicepodlevas.cz/co-hybe-pardubicemi/synagoga-a-zidovska-komunita-v-pardubicich> abgerufen am 26.08.2018
- S. 36 Abb. 3-7: **Der Choral-Tempel**
https://en.wikipedia.org/wiki/Templul_Coral#/media/File:Choral_Synagogue_Bucharest.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 36 Abb. 3-10: **Der Innenraum des Choral-Tempels**
 Mihai Petre
- S. 36 Abb. 3-12: **Budapest Synagoge**
<https://www.belaroundtheworld.com/what-do-see-eat-budapest-hungary/dohany-street-synagogue-2/> abgerufen am 26.08.2018
- S. 36 Abb. 3-8: **Sitzkarte Wiener Tempel**
<http://lcdl.library.cofc.edu/lcdl/catalog/lcdl:51240> abgerufen am 26.08.2018
- S. 36 Abb. 3-11: **Restaurierung Choral Tempel**
<https://e-zeppelin.ro/tur-ghidat-la-templul-coral-din-bucuresti/>
- S. 36 Abb. 3-9: **Sitzkarte Bucharest**
<http://lcdl.library.cofc.edu/lcdl/catalog/lcdl:51241> abgerufen am 26.08.2018
- S. 37 Abb. 3-13: **Innenraum der Budapester Synagoge**
<http://www.tfoodie.com/2014/10/dohany-street-synagogue-budapest.html> abgerufen am 26.08.2018
- S. 37 Abb. 3-14: **Entwurf der Ostwand**
 aus KLEIN Rudolf, The Great Synagogue of Budapest, Hungarian edition TERC Kft, Budapest, 2008, S.31
- S. 37 Abb. 3-15: **Synagoge in der Innenstadt**
<http://drumliber.ro/sinagoga-din-cetate-sau-sinagoga-noua-din-timisoara/> abgerufen am 26.08.2018
- S. 38 Abb. 3-20: **Schloss Rotenturm**
 Facebook-Gruppe „Das Alte Burgenland“, Markus Gyaky
- S. 38 Abb. 3-21: **Schloss Rotenturm**
 Facebook-Gruppe „Das Alte Burgenland“, Manfred Horvath
- S. 39 Abb. 3-22: **Banská Bystrica, SK**
<http://www.bbsoo.sk/asanacia-uzemia-banskej-bystrice/> abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-26: **Tschortkiw, UA**
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Czortkow_synagogue.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-29: **Zlotów, PL**
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Synagogue_Flatow_-_Zlotow.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-32: **Marosludas, RO**
<https://kepeslapok.files.wordpress.com/2012/04/marosludas.jpg> abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-35: **Vercelli, IT**
 Stefano Merli, <https://www.flickr.com/photos/54731298@N08/16760182849>, 2015, abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-23: **Bela Crkva, SRB**
http://judaica.cz/?page_id=2792#gallery/8d3a93c6ffd79f530b9b4a7fd119f5e6/1682 abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-30: **Chorzów, PL**
[https://de.wikipedia.org/wiki/Synagoge_\(Chorz%C3%B3w\)#/media/File:K%C3%B6nigsh%C3%B6fchen_synagoge_-_postcard.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Synagoge_(Chorz%C3%B3w)#/media/File:K%C3%B6nigsh%C3%B6fchen_synagoge_-_postcard.jpg) abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-33: **Szekszárd, HU**
[https://de.wikipedia.org/wiki/Synagoge_\(Szeksz%C3%A1rd\)#/media/File:Szeksz%C3%A1rd_synagoge_-_postcard.JPG](https://de.wikipedia.org/wiki/Synagoge_(Szeksz%C3%A1rd)#/media/File:Szeksz%C3%A1rd_synagoge_-_postcard.JPG) abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-36: **Vrbové, SK**
 Stanislav Doronenko , [https://de.wikipedia.org/wiki/Synagoge_\(Vrbov%C3%A9\)#/media/File:Vrbove_synagogue.jpg](https://de.wikipedia.org/wiki/Synagoge_(Vrbov%C3%A9)#/media/File:Vrbove_synagogue.jpg), abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-27: **Dunajská Streda, SK**
<http://judaica.cz/wp-content/gallery/slovakia/DunajskaStreda2.jpg> abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-24: **Carei, RO**
http://judaica.cz/?page_id=2774#gallery/768dfec68c69f4fcd1d0f0ec09747559/1521 abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-28: **Fegyvernek, HU**
<http://judaica.cz/wp-content/gallery/hungary-synagogues-part-2/Fegyvernek1.jpg> abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-25: **Cluj, RO**
http://judaica.cz/?page_id=2774#gallery/768dfec68c69f4fcd1d0f0ec09747559/1525 abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-31: **Koprivnica, HR**
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Koprivnica_Synagogue.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-34: **Târnăveni, RO**
<https://i.pinimg.com/originals/43/71/07/4371071d93de379ef861624c33b0af29.jpg> abgerufen am 26.08.2018
- S. 39 Abb. 3-37: **Zagreb, HR**
https://en.wikipedia.org/wiki/Zagreb_Synagogue#/media/File:Sinagoga1906_11.jpg, abgerufen am 26.08.2018
- S. 44 Abb. 4-14: **Photogrammetrisches Stadtmodell von Google**
 Google Earth
- S. 45 Abb. 4-22: **Flugbild 1938**
 1938 Luftbild, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 45 Abb. 4-23: **Flugbild 1955**
 1938 Luftbild, <https://www.wien.gv.at/kulturportal/public/>, abgerufen am 4.2.2018
- S. 45 Abb. 4-24: **Längenangabe Einreichplan**

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

- S. 50 Abb. 4-40: **Thoraschrein im Choral Tempel**
aus: Einreichplan, Wiener Stadt- und Landesarchiv
Mihai Petre
- S. 51 Abb. 4-41: **Kapitelle im Choral Tempel**
Mihai Petre
- S. 51 Abb. 4-42: **Brüstungsdekor im Choral Tempel**
Mihai Petre
- S. 52 Abb. 4-45: **Säule im Eingangsbereichs des Choral Tempel**
Mihai Petre
- S. 90 Abb. 6-2: **Laptop des Verfassers**
<https://geizhals.at/hp-omen-17-an016ng-1vy89ea-abd-a1644263.html> abgerufen am 26.08.2018
- S. 125 Abb. 8-2: **Präsentation in der Geschäftsführung des Jüdischen Museums in Wien am 19.12.2017**
Bob Martens
- S. 126 Abb. A-1.: **Plan des Judenviertels**
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Wiener_Ghetto_Plan.png abgerufen am 26.08.2018
- S. 128 Abb. A-2.: **Verbrennung der Juden in der „Schedelsche Weltchronik“**
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuremberg_chronicles_-_Burning_of_the_Jews_\(CCXXV\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nuremberg_chronicles_-_Burning_of_the_Jews_(CCXXV).jpg) abgerufen am 26.08.2018
- S. 130 Abb. A-3.: **Plan der Judenstadt im unteren Werd 1670**
http://www.christianreder.net/archiv/b_01_capric.html abgerufen am 26.08.2018
- S. 131 Abb. A-4.: **Auszug der Juden aus Wien**
https://www.geocaching.com/geocache/GC2EPYJ_der-tod-ist-ein-wiener?guid=9298e053-e323-4391-97d0-b03c94c1d6e4 abgerufen am 26.08.2018
- S. 131 Abb. A-5.: **Samuel Oppenheimer**
https://de.wikipedia.org/wiki/Samuel_Oppenheimer#/media/File:Samuel_Oppenheimer.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 131 Abb. A-6.: **Samson Wertheimer**
https://de.wikipedia.org/wiki/Samson_Wertheimer#/media/File:Samson_Wertheimer_portrait.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 132 Abb. A-7.: **Kaiserin Maria Theresia**
https://de.wikipedia.org/wiki/Maria_Theresia#/media/File:Maria_Theresia_of_Austria_001.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 133 Abb. A-8.: **Kaiser Joseph II**
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kaiser_Joseph_II_c1780.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 134 Abb. A-9.: **Isaak Noah Mannheimer**
https://de.wikipedia.org/wiki/Isaak_Mannheimer#/media/File:INmanheimer.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 136 Abb. A-10.: **Antisemitisches Wahlplakat der Christlichsozialen Partei in Wien, 1920**
https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Antisemitisches_Wahlplakat_CSP_1920.jpg abgerufen am 26.08.2018
- S. 137 Abb. A-11.: **Die zerstörte Synagoge**
https://austria-forum.org/af/AEIOU/Leopoldst%C3%A4dter_Tempel_Rekonstruktion abgerufen am 26.08.2018
- S. 145 Abb. B-25: **Normalmap-Kanäle**
http://wiki.polycount.com/wiki/Normal_Map_Technical_Details, Eric Chadwick abgerufen am 3.8.2018
- S. 146 Abb. B-26: **Normalmap Beispiel**
<http://deacademic.com/dic.nsf/dewiki/1029276> abgerufen am 3.8.2018
- S. 147 Abb. B-31: **Crazybump Fotokonvertierung**
<https://www.creativetools.se/software/3d-software/crazybump-crazybump-professional> abgerufen am 3.8.2018
- S. 149 Abb. B-43: **„Baken“ der Geometrie auf ein planares Quadrat mittels Normalmap**
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Normal_map_example_with_scene_and_result.png abgerufen am 3.8.2018
- S. 155 Abb. B-58: **Wacom Intuos**
<https://www.amazon.de/Wacom-Intuos-DTP-version-Grafiktablett/dp/B001WAKDUY> abgerufen am 22.8.2018
- S. 155 Abb. B-59: **Händisch gemalte stilisierte Textur**
<https://polycount.com/discussion/125954/show-your-hand-painted-stuff-pls/p11> abgerufen am 22.8.2018
- S. 155 Abb. B-60: **Linke Hälfte „Lit“, Rechte „De-Lit“**
<https://forum.unity.com/threads/de-lighting-tool.482133/> abgerufen am 22.8.2018
- S. 160 Abb. C-2: **Mixed-Reality (The Weather Channel)**
<https://www.unrealengine.com/en-US/blog/ehe-future-group-and-the-weather-channel-create-lightning-and-tornadoes-with-unreal-engine> abgerufen am 22.7.2018
- S. 160 Abb. C-3: **Serie „Zafari“**
<http://www.cgsociety.org/news/article/3643/new-animated-show-zafari-uses-autodesk-shot-gun-to-streamline-production-> abgerufen am 22.7.2018
- S. 160 Abb. C-4: **McLaren Car Configurator**
<https://www.unrealengine.com/marketplace/automotive-material-pack> abgerufen am 25.7.2018
- S. 160 Abb. C-5: **Microsoft „AirSim“**
<https://www.unrealengine.com/en-US/blog/ai-in-unreal-engine-learning-through-virtual-simulations> abgerufen am 25.7.2018
- S. 166 Abb. C-20: **Planare Projektion**
<https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Maya/files/GUID-B6519472-C0ED-4C07-99C6-12107A3509D9-htm.html> abgerufen am 26.8.2018
- S. 166 Abb. C-21: **Zylindrische Projektion**
<https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Maya/files/GUID-06864409-CC4C-4C40-B04D-6D5060A9FEF0-htm.html> abgerufen am 26.8.2018
- S. 166 Abb. C-22: **Sphärische Projektion**
<https://knowledge.autodesk.com/support/maya/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2017/ENU/Maya/files/GUID-2B74F60D-B6B5-4794-BDC1-17E2FB06F393-htm.html> abgerufen am 26.8.2018
- S. 170 Abb. C-45: **Simple Kollision**
<https://docs.unrealengine.com/en-us/Engine/Physics/Collision/HowTo/AddSimpleCollision> abgerufen am 27.8.2018
- S. 171 Abb. C-46: **DOP-Kollision**
<https://docs.unrealengine.com/en-us/Engine/Physics/Collision/HowTo/AddDOP> abgerufen am 27.8.2018
- S. 175 Abb. C-65: **Clamp-Funktion**
<http://www.yaldex.com/open-gl/ch05lev1sec3.html> abgerufen am 26.8.2018
- S. 176 Abb. C-69: **Schritt 4: Soeben erstelltes Material auswählen**
https://docs.unrealengine.com/en-us/Resources/ContentExamples/Lighting/2_3 abgerufen am 26.8.2018
- S. 177 Abb. C-72: **Static Light**
https://docs.unrealengine.com/en-us/Resources/ContentExamples/Lighting/2_1 abgerufen am 26.8.2018
- S. 178 Abb. C-73: **Stationary Light**
https://docs.unrealengine.com/en-us/Resources/ContentExamples/Lighting/2_2 abgerufen am 26.8.2018
- S. 179 Abb. C-76: **Eine Light-Funktion erzeugt das Logo**
https://docs.unrealengine.com/en-us/Resources/ContentExamples/Lighting/3_2 abgerufen am 26.8.2018
- S. 180 Abb. C-80: **Box Reflection Capture**
<https://api.unrealengine.com/INT/Engine/Rendering/LightingAndShadows/ReflectionEnvironment/index.html> abgerufen am 23.8.2018
- S. 194 Abb. C-125: **Widget Blueprint Editor**
<https://www.unrealengine.com/en-US/blog/unreal-engine-45-released> abgerufen am 23.8.2018