

Elmar Schmidinger, Mario Schwarz, Andreas Voigt und Hans-Peter
Walchhofer unter Mitwirkung von Philipp Krebs, Michael Mayr-Ebert,
Friedrich Moser und Herbert Wittine

DIE COMPUTERGESTÜTZTE REKONSTRUKTION DER CAPELLA SPECIOSA

6. Der Projektabschnitt 1993–1996

6.1 TECHNISCHER BERICHT

Mittels digitaler Simulationstechniken können wesentliche Hilfestellungen bei der Formulierung und Überprüfung von Hypothesen zur virtuellen räumlichen Rekonstruktion von Bauwerken gegeben werden. Die bildhaften Darstellungen leisten darüberhinaus einen Beitrag zur Vermittlung der gewonnenen Erkenntnisse an eine breitere Fachöffentlichkeit. Nachfolgend werden die methodischen Vorgehensweisen bei der computergestützten Rekonstruktion der Capella Speciosa in den Jahren 1993 bis 1996 und die weiteren Bearbeitungen der Jahre 2005 bis 2006³⁷⁰ und 2009 bis 2010 als technischer Bericht beschrieben. Im Text spiegeln sich die im Zeitraum 1993 bis 2010 erfolgten erheblichen Veränderungen der verfügbaren Simulationstechniken bezogen auf Gerätschaft (Hardware), CAD- und Visualisierungs-Software.

6.1.2 Die Grundlagen

Die Ausgangsbasis für die CAD-Konstruktion 1993 bis 1996 waren:

Grabungsplan, Bundesdenkmalamt, im Maßstab 1:50 (Abb. 10, 11, 12)

Rekonstruktionsdarstellungen von August Essenwein (1861; Abb. 7, 8, 9)

Zeichnung von Benedikt Prill (um 1757; Abb. 4)

eine vom Projektteam in der Franzensburg in Laxenburg erstellte Fotodokumentation einzelner dort integrierter Bauteile der Capella Speciosa, begleitet von vermaßten Skizzen

von Mario Schwarz laufend gegebene Rekonstruktionsanleitungen

Die verwendeten technischen Hilfsmittel waren im ersten Projektstadium Hard- und Software des Instituts für Örtliche Raumplanung der Technischen Universität Wien³⁷¹:

Hardware:

Workstation: DEC 5000/240 (*Digital Equipment*)

A 0-Digitizer: TEK 4958 (*Tektronix*)

A 0-Penplotter: (*Mutoh IP 530*)

³⁷⁰ Videopräsentation *Computergestützte Rekonstruktion der Capella Speciosa für das Stift Klosterneuburg*, Bearbeitungszeitraum 10/2005 bis 03/2006.

³⁷¹ Seit 2005: TU Wien, Department für Raumentwicklung, Infrastruktur und Umweltplanung, Fachbereich Örtliche Raumplanung/Arbeitsbereich Räumliche Simulation und Modellbildung, siehe: <http://raum.tuwien.ac.at>.

Software:

CAD-Paket GDS (EDS-EDV Corporation)

Bilddarstellungsprogramm XV (Shareware von John Bradley)

Die Methode des Aufbaues wurde so gewählt, dass das Ergebnis jedes wesentlichen Konstruktionsschrittes als Einheit erhalten blieb, von der eine Kopie angefertigt wurde, die als Grundlage für die weitere Bearbeitungen diente. Jede dieser Einheiten stellt somit eine Momentaufnahme der entstehenden Rekonstruktion dar.

6.1.3 Die Vorgangsweise

6.1.3.1 Digitalisierung der Pläne

Der Grabungsplan (Abb. 10, 11, 12) ist als die zuverlässigste Quelle anzusehen, was Ausmaße und Gliederung des Bauwerkes anbelangt. Die CAD-Konstruktion wurde daher mit dem Digitalisieren dieser Planunterlage begonnen. Dazu ist anzumerken, dass diese Arbeiten im Jahre 1993 durchgeführt wurden und heutzutage eingesetzte Technologien der Digitalisierung, wie das direkte Einscannen von großformatigen Plandokumenten ins CAD-System, noch nicht zur Verfügung standen. Das damals gebräuchlichste Verfahren war das *Abgreifen* der Planunterlage mittels *Digitizer* (Abb. 83).

Die größte Schwierigkeit, die sich bei einem solchen Unterfangen ergibt, ist das Fehlen jeglicher koordinativ erfasster Passpunkte (Mindestanforderung: drei Stück) auf dem Plan. Man kann mit Hilfe einer Reißchiene ein Kartesisches Koordinatensystem in den Plan einfügen, doch ist auf Grund der Winkel- und Distanzmessfehler eine geringere Genauigkeit zu erwarten, als bei der Anwendung nachfolgender Methode, die im gegenständlichen Forschungsprojekt zur Anwendung gelangte:

In einem ersten Arbeitsschritt werden mittels CAD Koordinatenachsen und ein dem Maßstab angepasster Raster gezeichnet und auf Transparentpapier im Planmaßstab ausgeplottet. Man erhält somit auf Grund der hohen Maschinenpräzision eine viel genauere Netzteilung als dies mit der Reißchiene der Fall gewesen wäre. Dann legt man die Folie so über den Plan, dass die Achslage dem Grundriss optimal angepasst ist und misst nun Rasterpunkte mit dem Digitalisiergerät ein, was sehr einfach ist, weil diese Punkte ja die Abbildung der in der Maschine vorhandenen digitalen Vorlage sind. Eine Überprüfung ergab, dass die Abweichung nur 1–2 cm in der Wirklichkeit betrug, womit dieser angesichts der im Plan vorhandenen Strichstärken keine besondere Bedeutung zukam.

Das zweite Plandokument, welches in digitale Form gebracht wurde, war der nur mit einem Maßstab in Wiener Klaftern abgebildete Grundriss der Rekonstruktion von August Ottmar von Essenwein aus dem Jahre 1861³⁷². CAD-Systeme können in der Regel auch mit *exotischen* Maßeinheiten operieren, solange der Konversionsschlüssel zum metrischen Bezugssystem bekannt ist. Hierfür wurde eine Folie mit einem maßstabgerechten Raster in Wiener Klaftern angefertigt. Zunächst galt es, lediglich die Umrisse des Gebäudes zu erfassen und mit dem Grabungsplan zu vergleichen. Dieser Vergleich bereitete aber dem Projektteam die erste Überraschung: Die beiden Grundrisse konnten auch nach wiederholten Skalierungsversuchen nicht zur Deckung gebracht werden. Der Grundriss von Essenwein wies um mehrere Meter geringere Ausmaße auf als der Grabungsplan und war in der Querachse unmaßstäblich verzerrt (Abb. 84). Das zunächst beabsichtigte Vorhaben, die Visualisierung der Capella Speciosa in weitgehender Heranziehung der Rekonstruktion Essenweins zu entwickeln – etwa so wie die Computerrekonstruktion der Abteikirche Cluny III der Rekonstruktion Kenneth Conants folgte³⁷³ – konnte daraufhin nicht aufrechterhalten werden. Dies veranlasste das Projektteam, die *in situ* in der Franzensburg zu Laxenburg noch vorhandenen Bauteile in Augenschein zu nehmen, an ihnen Kontrollmessungen vorzunehmen und diese fotografisch festzuhalten. Es stellte sich heraus, dass Essenwein diese Elemente, die auch ihm zugänglich gewesen sein mussten, recht genau vermessen und dar-

³⁷² A. ESSENWEIN, Capelle, 1861, 1–44.

³⁷³ K. CONANT, Cluny, 1968. – H. CRAMER/M. KOOB, Cluny, 1993.

gestellt hat. Jene Teile des Bauwerkes aber, die substantiell nicht mehr erhalten sind, waren von Essenwein wohl als Schätzdarstellungen eingebracht worden, wie er sie auf Grund seiner für die damalige Zeit gewiss profunden architekturhistorischen Kenntnisse ähnlicher Bauwerke in Anlehnung an die Zeichnungen Benedikt Prill überraschend plausibel abzubilden vermochte. Dies stellte sich im Zuge der Rekonstruktionsarbeiten immer wieder heraus und war in Ermangelung anderer, zuverlässigerer Darstellungen die größte Schwierigkeit, mit der das Projektteam zu kämpfen hatte.

6.1.3.2 Rekonstruktion des Grundrisses

Es blieb nun keine andere Möglichkeit, als vom Grabungsplan ausgehend den Grundriss sowie die Lage der Gewölbeträger und Blendarkaturen zu rekonstruieren. Der Fluchtlinienverlauf gehorchte leider nur an den seltensten Stellen den Gesetzen der exakten Geometrie. Einer der großen Vorzüge eines CAD-Systems, selbst komplexeste Elemente beliebig oft kopieren, drehen oder spiegeln zu können, kam also hier nur in wenigen Ausnahmefällen zum Tragen.

6.1.3.3 Zweidimensionale Vorbereitungsarbeiten

Als erstes wurde die Projektion des Gewölbes konstruiert, um dann selbst gefertigte, temporäre Bibliothekselemente (Gewölbeträger, drei-, vier- und fünffeldrige Blendarkaturen, Abb. 86) so einzufügen, dass man eine erste Näherung an die Geometrie des Grundrisses bekam. Im nächsten Arbeitsschritt wurden die Gewölbeträger geometrisch exakt placiert um dann in den sich daraus ergebenden Feldern die Blendarkaturen einzupassen, womit jede Gruppe ihr individuelles Gepräge erhielt. Als Vorlage für die Positionierung der einzelnen Teile dienten die Darstellungen von Essenwein und die eigenen Aufnahmen aus Laxenburg. Namentlich die gebündelten Dienste der Gewölbeträger wurden nach den im Speisesaal der Franzensburg erhaltenen Basispostamenten (Abb. 68, 59, 70, 71) analog zu Essenwein (Abb. 9, 10) rekonstruiert. Nun konnte man daran gehen, die Konstruktion dreidimensional bis auf die Höhe des Laufganges (4,64 m) fortzusetzen (Abb. 87).

6.1.3.4 Dreidimensionaler Aufbau

Kurzbeschreibung der CAD Software *GDS*:

GDS war ein objektorientiertes, modular aufgebautes CAD-System. Das bedeutet, dass jedes grafische Element eine Einheit oder auch nur Teil einer Einheit ist, welche eine eindeutige Codebezeichnung trägt. Die Elemente sind, anders als in so genannten *layerorientierten Systemen* nicht an eine bestimmte Schicht gebunden, was eine nach verschiedenen Kriterien mögliche Art der Darstellungen begünstigt. Eine Besonderheit dieses an sich extrem leistungsfähigen CAD-Softwarepaketes, dessen Entwicklung seit nunmehr über 10 Jahren eingestellt ist, war die getrennte Handhabung von 2D- und 3 D-Elementen. Dies bedingt eine besondere, heute umständlich anmutende Konstruktionsweise, die hier aus historischen Gründen im Folgenden näher erläutert wird.

Sämtliche Konstruktionsarbeiten hatten sich bis jetzt auf die 2D-Plandarstellung beschränkt. Nun galt es, sowohl universell wieder verwendbare dreidimensionale Werkstücke, (wie Säulen, Kapitelle u. dgl.) als auch im Gesamtmodell nur einmal vorkommende Bauteile (wie Strebepfeiler, Gewölbe usw.) zu erzeugen (Abb. 87).

Das *Solid Modeller* – Modul bietet eine Anzahl von Funktionalitäten zum Modellieren von Körpern, wie man sie analog dazu in einer gut ausgestatteten Werkstatt vorfinden würde. Zweckmäßig erschien es, Umriss von Körpern mit dem mächtigen und komfortablen Zeicheninstrumentarium des 2D-Konstruktionsmoduls zu erzeugen um sie und alle dazugehörigen Hilfslinien in die *3D-Werkstätte* zu importieren, die einzelnen Linienelemente räumlich richtig zu positionieren um daraus Körper zu erzeugen oder um bereits existierende Körper mit räumlich konstruierten Werkzeugen zu bearbeiten (*Boolsche Operationen*).

So entsteht z.B. ein Kapitell in folgender Arbeitssequenz: Der durch die Säulenachse halbierte Umriss wird mit dem *Digitizer* so abgegriffen, dass einerseits die charakteristische Silhouette noch erhalten bleibt, andererseits so wenig Stützpunkte, wie möglich auf dem Liniensegment entstehen. Im *Solid Modeller* lässt man

nun, den Umriss um die Säulenachse in der richtigen Höhe um 360 Grad rotieren, wodurch das Kapitell Gestalt annimmt, welche mit einer ganzkörper- oder einzelflächenbezogenen Materialangabe versehen werden kann. Wichtig dabei ist es, den Auflösungsgrad des Modellers (*overall size*) so zu wählen, dass die Anzahl der Facetten (Teilflächen) weder zu groß noch zu klein ist. Eine zu geringe Anzahl vergrößert das Modell, eine zu große verschlechtert das Verhältnis von Genauigkeit und *Renderzeit*. Ist das Kapitell Teil einer Blendarkatur, so befinden sich nur 2 Drittel der Flächen im freien Raum, das restliche Drittel würde in der Wand liegen, was man bei einem Rendervorgang nicht wahrnehmen würde, aber dennoch zusätzliche Rechenzeit beansprucht.

Es empfiehlt sich daher, jenen Teil hinter der Wand wegzuschneiden, in dem man einfach die Wand vom Kapitell subtrahiert (*Bool'sche Operation*), wodurch das gemeinsame Volumen entfernt wird. Anschließend speichert man das Kapitell zusammen mit den restlichen Elementen der Säule ab. Der Code aller zusammengehörender Einzelteile sollte so gewählt sein, daß man die gesamte Einheit mit sogenannten *Wildcards* ansprechen kann. Dies ist auch die Voraussetzung dafür, um die Gruppe innerhalb des Modells leicht manipulieren zu können. Wie aus der oben beschriebenen Vorgangsweise leicht ersichtlich ist, entsteht ein Modell durch das Aneinanderfügen von (zuvor auf der *Drehbank* gefertigten) Einzelteilen. Dafür bietet sich das *Parts Assembly Modeller*-Modul geradezu an.

6.1.3.5 Das Assembly Modeller-Verfahren

Hierbei handelt es sich um ein Paket, das neben allen Funktionen des 2D-Konstruktionsmoduls auch über eine ganze Palette von Befehlen verfügt, die zur Erzeugung neuer Körper und zur Manipulation von 3D-Elementen dienen, die im *Solid Modeller* vorgefertigt wurden. Die Abbildung des Raumes, der als Kubus definiert ist, erfolgt über die Projektion seines Inhaltes auf die Basis (Grundriss) und beliebig viele in die Grundebene geklappte Ansichten (Seitenrisse). Über ihren Code angesprochene räumliche Elemente oder Gruppen von Elementen (*Parts*) können nun im Raum placiert werden (*Assembly*). Es besteht die Möglichkeit, die räumliche Lage der Körper an Hand von Hilfslinien in den einzelnen Rissen ganz exakt zu bestimmen, um diese dann unter Angabe ihrer Position in 2 Rissen (*Twin-hit*) mittels *intelligenter Mausclicks* (*hitcodes*) an die richtige Stelle zu setzen. Die auf diese Art und Weise positionierten Körper werden in alle aktiven Risse projiziert. Sie stellen ein so genanntes *PAM-Modell* dar. Die räumliche Darstellung eines solchen assemblierten Modells erfolgt dann in den 3D-Modulen.

6.1.3.6 Ein Konstruktionsbeispiel

Um eine Säule aus Schaft und Kapitell bestehend in die Grundebene zu setzen, genügt nach erfolgter Objektcodeangabe des Ensembles ein Antippen eines Kreises, dessen Zentrum die Projektion der Säulenachse ist. Soll die Säule auf einer anderen Ebene placiert werden, so tippt man zusätzlich in einem Seitenriss eine Gerade an, die die Projektion dieser Ebene darstellt. Der Vorteil dieser Methode liegt auf der Hand: jeder Teil existiert physisch – das heißt auf der Festplatte – nur einmal, und wird bei jeder Modelldarstellung (Dreipunktperspektive, Axonometrie u. dgl.) vom System referenziert, um im Raum in jeder vordefinierten Position und Lage (diese kann auch gedreht oder gekippt sein) wiederholt zu werden. Wollte man nun alle gleichen Teile durch sich gleichende Substitute ersetzen, (wird zum Beispiel ein genauer ausgeformtes Kapitell gewünscht) so genügt es ein Exemplar des Austauschkörpers zu konstruieren und das System unter Angabe beider Objektcodes anzuweisen, das Erste möge durch das Zweite ersetzt werden. Wie schon erwähnt, konnte von dieser Möglichkeit der Referenzierung von Objekten nur in beschränktem Umfange Gebrauch gemacht werden, weil viele Teile, wie die Archivolten der Blendarkaden, sich zwar optisch glichen, sich jedoch von (Gewölbeträger-)Feld zu Feld in ihren Abmessungen unterschieden.

6.1.3.7 Das Modell

Da es sich schon zu Beginn abzeichnete, dass die Rekonstruktion der Capella Speciosa ein Puzzlespiel aus immer wieder zu prüfenden Einzelteilen sein würde, bot sich diese oben beschriebene *Parts-Assembly* – Methode in Kombination mit der Konstruktion individueller Teile im *Solid Modeller* geradezu an. Es wurde also ein *PAM* definiert, der aus dem Grabungsgrundriss und einem Seitenriss für jedes Gewölbeträgerfeld besteht.

Die Seitenrisse sind in Ihren Ausmaßen auf das dargestellte Feld beschränkt und normal zur Rissachse so verschoben, dass keine Überlappung zwischen mehreren Rissen entsteht. Dann wurden die Spitzbogen der Blendarkaden in Fünfer, Vierer- oder Dreiergruppen erzeugt. Für die Konstruktion einer solchen Gruppe wurde zunächst ein schon vorgefertigtes Drahtgerippe an die Säulenchsen mittels eines für die Behandlung von Papiereingang vorgesehenen, vektoriellen Verformungsalgorithmus (*Sheet*) angepasst, dann erfolgte die Formgebung durch das Entlanggleiten des Archivoltenprofils an der Drahtachse (*Sweep*) und das Positionieren des fertigen Körpers im *PAM*. Bogenelemente, sofern es sich nicht um Kreisbogenstücke handelte, wurden punktwise mit dem Digitizer aufgenommen. Dies ergibt zunächst keinen sauberen, brauchbaren Kurvenverlauf, was durch eine Korrektur mittels Schmiegekurven ausgeglichen werden musste.

In der Regel wurden gekrümmte Flächen von einem *CAD-System* damals durch eine Folge von geraden Flächen (Facetten) näherungsweise beschrieben, wobei die Anzahl dieser Teilstücke Funktion des gewählten Auflösungsgrades ist. Diese Anzahl steht jedoch leider nicht in einem linearen Verhältnis zum Grad der Auflösung. Die Qualität und vor allem die Darstellbarkeit eines Modells hing damals auf Grund der zur Verfügung stehenden Rechenleistung, die aus heutiger Sicht als vergleichsweise sehr gering einzustufen ist, von der Gesamtanzahl der Facetten ab. Darum war es wichtig, die Flächenanzahl während der Konstruktionsarbeiten immer wieder zu kontrollieren und diese auf das fertig zu stellende Gesamtmodell hochzurechnen. Eine wirksame Methode, die Facettenanzahl in Grenzen zu halten, ist es, Bogenstücke durch Polylinien zu ersetzen, deren Stützpunktanzahl man selbst bestimmt. Diese Vorgangsweise wurde bei allen im Modell vorkommenden Spitztonnen gewählt: jeder Viertelbogen ist in 12 gleiche Abschnitte unterteilt, was pro Spitztonne 24 Segmente ergibt. Das ist, so scheint es, ein guter Kompromiss zwischen zwei der möglich gewesen Auflösung, wird vom Auge aus mittlerer Entfernung nicht mehr wahrgenommen und kann durch eine weichzeichnende Renderoption (*Smoothing*) leicht ausgeglichen werden.

Bei der Konstruktion des Portals kamen ebenfalls alle oben beschriebenen Verfahren zur Anwendung. Die Darstellung nach Essenwein wurde mit dem *Digitizer* aufgenommen, eine Portalhälfte, aus allen Einzelteilen bestehend, im *Solid Modeller* erzeugt und um die Symmetrieachse gespiegelt. Die Säulenschäfte der Gewölbeträger wurden zunächst nur bis auf die Höhe des Laufganges hochgezogen, weil noch unklar war, in welcher Höhe die Kapitelle liegen würden.

6.1.3.8 Erster Versuch des Hochziehens auf Traufkantenhöhe

Der Rekonstruktionsanleitung folgend, konnte nun mit der Verlagerung des Geschehens nach außen begonnen werden. Es wurde der Versuch unternommen, ein Strebebfeilerprofil zu erzeugen, das den Proportionen, wie sie aus der Zeichnung Prills ersichtlich sind, Rechnung trägt. Ein Strebebfeiler wird dadurch generiert, dass man ein Profil-Paar senkrecht über der Projektion der Strebebfeilerwangen aufstellt, an die Außenwand des Corpus anschließt und über dieses Gerüst eine steinerne Haut (*Skin*) zieht. Die Mauer wurde bis auf die durch die Strebebfeiler definierte Traufkantenhöhe hochgezogen. Dieser prismenartige Corpus musste nun bearbeitet werden, indem man die Vertiefungen, in denen die Blendarkaden liegen und das aufgehende Mauerwerk vom Laufgang bis zur Traufkante herausfräste. Um das Bild abzurunden, wurde auch ein Walmdach mit der gleichen Neigung, wie bei Essenwein auf den Corpus gesetzt (Abb. 88).

Zur besseren Beurteilung der Fassadengliederung wurden auch Drahtmodelle der Fenster auf die Außenwand aufgebracht. Diese entstammten der Essenwein – Darstellung und waren, wie alle anderen Teile, mit dem *Digitizer* aufgenommen und nachbearbeitet worden. Es war schon in der Rekonstruktionsanleitung vermerkt, das Bauwerk wirke in der Zeichnung von Prill nicht so gedungen, wie in jener von Essenwein. Obwohl die Außen- und vor allem die Innenansicht der Capella Speciosa von Benedikt Prill nicht als absolut verlässlich angesehen werden kann, entsprechen die Proportionen des von ihm dargestellten Baues durchaus vergleichbaren Kapellenbauten der französischen Hochgotik. Es galt daher, diesen Proportionskanon zu übernehmen. Unser erster Rekonstruktionsversuch ergab ein zu gestaucht proportioniertes Bauwerk. Die nach Essenwein proportionierten Fenster waren einerseits viel zu schmal, das heißt, sie ließen neben den Strebebfeilern zu breite Wandpartien bestehen, und andererseits im Verhältnis zur Breite, viel zu niedrig. Es zeigte sich also, dass die Proportionen der Rekonstruktion erheblich vertikalisiert werden mussten.

6.3.3.9 Zweiter Versuch einer Dachgleiche

Die Strebepfeilerprofile wurden nun so gestreckt, dass die Proportionen der einzelnen Abschnitte bei besserer Entsprechung zur Zeichnung Prills und zu den Proportionsgesetzen der französischen Gotik den statischen Anforderungen des Gebäudes ausreichend Rechnung trugen. Dann wurden die Strebepfeiler und der Corpus analog zur ersten Version wieder erzeugt und ein Dach mit steilerem Neigungswinkel aufgesetzt. Durch in X- und Z- Richtung differenzierte Skalierungsversuche am Fenster-Drahtmodell im *Solid Modeller*, ergaben sich zwei Fenstertypen: ein breiterer Typ für die Nord- und Südfassade und ein schmalerer Typ für das Chorpolygon.

Für den Einbau der Fenster wurde ein besonderes Verfahren gewählt: der *zweistufige PAM*. Im ersten Arbeitsschritt wurden wieder die Werkstücke für beide Fenster im *Solid Modeller* erzeugt, von denen einige bei beiden Fenstertypen passten. Im zweiten Arbeitsgang wurde jedes der beiden Fenster in einem eigens dafür eingerichteten, nur aus Grund- und Aufriss bestehenden PAM zusammengebaut, wobei das Einsetzen mancher Teile mittels der *Zwei-Riss-Methode* sich viel unproblematischer gestaltete, als dies im *Solid Modeller* der Fall gewesen wäre. Das solcherart zusammengesetzte Fenstermodell bestand aus mehr als 60 Einzelteilen.

Somit war es im dritten Arbeitsgang möglich, die Fenster als Einheit im *PAM*-Verfahren zu placieren. Die äußere Umrisslinie eines Fensters wurde diesem als Werkzeug mitgegeben: Dieser Drahtgitterring dient dazu, die Fensteröffnungen aus dem Korpus *herauszustanzen*. Diese zweite Version der Capella Speciosa ergab eine bereits befriedigende Übereinstimmung der Gesamtproportionen sowohl mit der Zeichnung Benedikt Prills als auch mit dem Proportionskanon gotischer Kapellen Frankreichs um 1200, daher konnte man sich wieder dem Innenraum zuwenden.

6.1.3.10 Die Gewölbe

Zunächst wurden die Gewölbeträger, der Darstellung Essenweins folgend, so konstruiert, dass die Lage der Kapitelle, auf denen die Kreuzrippen ruhen, von der Unterkante der Wandzungen (1,60 m über dem Laufgang) bestimmt wird. Die Träger der Spitztonnengewölbe ruhen auf dem Laufgang, ihre Kapitelle bildet Essenwein etwas höher gelegen als jene der Fenstergewölbeträger ab. Dieses Verhältnis wurde zunächst übernommen, um den ersten Versuch einer Gewölbekonstruktion zu wagen. Essenwein deutet mit strichliertem Linientyp Gewölbepprofile an, wobei das in Nord-Süd-Richtung verlaufende ellipsenähnliche Profil seltsam anmutet. Der Versuch, diese Kurven räumlich so positionieren, wie Essenwein zeigt und eine Gewölbehaut darüberzuziehen scheiterte an der geometrischen Unmöglichkeit dieser Konstruktion. Essenweins Rekonstruktion wäre von selbst widerlegt worden, hätte er den axonometrischen Beweis für seine Annahme angetreten. Eine solche Darstellung wurde von ihm jedoch nicht konstruiert.

Dies bedeutet: Wenn die sich beim Gewölbeschlussstein treffenden Linienzüge Kreuzrippen eines Gewölbes sind, so kann das von Essenwein dargestellte Nord-Süd-Profil unmöglich der Schnitt durch eine der beiden Mantelflächen sein, welcher einerseits spitzbogig sein müsste und andererseits auf gleicher Höhe, wie das Kapitell beginnen müsste. Die Konstruktion der Gewölbe gestaltete sich insofern schwierig, als die Schnitte durch die Mantelflächen nicht bekannt sind und der Grundriss stark verzogen ist. Die Annahme, die Nord-Süd-Scheitelachsen seien horizontal, konnte ebenfalls nicht stimmen, weil der Gewölbeschlussstein höher liegt als die Scheitelachse der Spitztonnengewölbe, die wiederum auf gleicher Höhe liegen muss, wie der Scheitelpunkt der Ost-West-Profile. Die Nord-Süd-Scheitelachse, auf der das Spitztonnenprofil des Hauptgewölbes aufgehängt ist, steigt vom nördlichen Spitztonnen-Gewölbescheitel zum Gewölbeschlussstein an und fällt wieder auf die Höhe des südlichen Spitztonnen-Gewölbescheitels ab. Es wurde ein gerader Anstieg der Nord-Süd-Scheitelachse angenommen. Gemäß der Darstellung bei Benedikt Prill wurde die Verschneidung der Spitztonnen mit den Wölbflächen des Kreuzrippengewölbes gratig-scharfkantig, ohne Verstärkung durch eine Scheidbogenrippe, rekonstruiert.

Überträgt man die Proportionen der Fenster und der in ihren Abstufungen bei Prill detailliert dargestellten Strebepfeiler in den Aufbau der Rekonstruktion, so erscheint eine verhältnismäßige Übereinstimmung der Außen- und Innenerscheinung nur möglich, wenn man annimmt, dass die Kreuzrippengewölbe in Nord-Süd-

Richtung in beträchtlichem Ausmaß kuppelig überhöht waren, während die Überhöhung in der Ost-West-Richtung nur geringfügig gewesen sein kann. Die Kämpferebene der Gewölbe muss, wie bei Prill, sehr hoch angesetzt gewesen sein. Die Diagonalrippen und die jochtrennenden Scheidbogenrippen der Kreuzrippengewölbe setzten auf Kapitellen in gleicher Höhe an.

6.1.4 Technische Probleme und Lösungen

Aufgrund der Datenmengen traten in diesem Rekonstruktionsstadium beim Laden des gesamten Materials schwerwiegende Probleme auf. Die daraufhin eingeleiteten Tests beim Softwareerzeuger zeigten, dass nicht nur die vorhandenen Speicherkapazitäten nicht mehr ausreichten, sondern dass auch Softwareprobleme bestanden: Das für die Darstellung der Projektergebnisse unbedingt erforderliche Zerschneiden des Modells, das heißt, die Darstellung von Schnittebenen in gerendeter Form, konnte mit der ursprünglichen Hardware- und Softwarekonstellation nicht durchgeführt werden.

Die vollständige Erstellung und Zusammensetzung des Rekonstruktionsmodells erforderte den Transfer der Daten in eine für den damaligen Zeitpunkt verfügbare *High End-Umgebung* (*Silicon Graphics Onyx*). Die Daten wurden in die 3D-CAD-Umgebung der Software *Microstation* übernommen. *Microstation* bot als eines der wenigen Werkzeuge die Möglichkeit der Erstellung komplexer dreidimensionaler Flächen, wie sie im Gewölbebereich erforderlich waren.

Zur Visualisierung wurden mehrere Werkzeuge verwendet, wie *Medit* (*Medit Production Spain*), das über gute Möglichkeiten zur Echtzeitdarstellung bot, wie Standpunkte definieren, den Modellen Materialeigenschaft zuweisen, Transformationen, Einblenden und Ausblenden von Objekten.

In Ergänzung zu *Medit* kamen die systemeigenen Grafikwerkzeuge von *SGI Invention*, wie *iview Sceneviewer* und diverse Konverter zum Einsatz (Abb. 89).

Durch die Kombination dieser Werkzeuge ergab sich in diesem Stadium der Rekonstruktion die besondere, neuartige Möglichkeit, Modelle direkt bei der Erzeugung in Echtzeit zu begehen und in ihrer Licht-Schattenwirkung zu studieren, zu verändern und sofort wieder in die Modellierung zurückzukehren. Dieser *interaktive Prozess* hatte besonders im Vergleich des Modells mit den Schnittdarstellungen von Prill eine große Bedeutung. So konnten viele Details aus diesen Schnitten im Modell überprüft und relevante Erkenntnisse in das Modell übernommen werden.

Ganz wesentliche Elemente, die mit dieser Methode ausgearbeitet werden konnten, waren das Gewölbe, welches im Grundriss keine Symmetrien aufwies und mit den Strebpfeilern und Fenstern verknüpft werden musste (Abb. 90, 91). Die daraus entstandenen komplexen 3D-Flächen wurden hier immer wieder mit den Darstellungen von Prill verglichen. Weitere Elemente waren die Stiegenaufgänge, der Laufgang und die Empore, welche in Kombination mit anderen Elementen, wie dem Portal aus der Franzensburg im rückwärtigen unteren Bereich die Raumdimensionen mitbestimmten und so zum aktuellen Modell führten.

Interaktive Begehungen des Gebäudes wurden möglich und konnten gleichzeitig zur Überprüfung des Gesamtmodells eingesetzt werden. Als Softwarelösung wurde dazu *IRIS-Performer*, eine *SGI-Echtzeitvisualisierungsumgebung* eingesetzt. Auch damit wurden immer wieder Varianten des Modells aus verschiedenen Perspektiven überprüft.

Für die qualitative Ausgabe von gerenderten Bildern (*Raytracing*) wurde *Wavefront* eingesetzt.

In *Wavefront* werden die Definitionen der Materialien, wie Texturen, vorgenommen. Ein interner *Modeller* ermöglicht Korrekturen am Modell. In *Preview* (Modul von *Wavefront*) werden die Kamera-Bewegungen und Lichtveränderungen optimiert. Für die qualitativ hochwertige Ausgabe von Bildmaterialien dient der *Render-Modul*. Letzte Qualitätsstufe ist die interaktive Begehrbarkeit des Modells mit Material, Beleuchtung, Texturen und Bildern. Der *Performer* auf Basis der *SGI-Onyx-Reality-Engine-II* ermöglicht als optimierte Datenbank das interaktive Erlebnis des CAD-Modells

Aufgrund der Größe des Gesamtmodells, das nunmehr aus 1,2 Millionen Polygonen bestand, war die Echtzeit-Renderleistung des Systems zum damaligen Zeitpunkt auch wieder an die Grenzen gekommen. Eine vollständige Dokumentation des Modells war aber dennoch möglich.

Die verwendeten technischen Hilfsmittel im zweiten Projektabschnitt waren:

Hardware: Fachbereichsrechner der Fakultät für Raumplanung und Architektur der Technischen Universität Wien, *SiliconGraphics Onyx-Reality-Engine II*.

Software: *Wavefront* auf Systemplattform *SGI*.

6.1.4.1 Der Westbereich der Kapelle

Erst nach Übertragung des gesamten bis dahin erarbeiteten Datenmaterials in das neue System konnte die besonders diffizile Rekonstruktion des Westbereichs der Capella Speciosa mit Empore und darunter liegender Vorhalle in Angriff genommen werden (Abb. 92). Aus dem Grabungsplan abzuleiten waren für diesen Bereich erhebliche Abweichungen im Grundriss von der rechtwinkligen Regelmäßigkeit, wie z.B. im Verlauf der Trennmauer von Kapellensaalraum und Vorhalle, sowie der Symmetrie (Abb. 10, 11). Ausgehend von als sicher geltenden Positionierungen, wie der Errichtung des Vorhallenportals über der archäologisch dokumentierten Torschwelle wurden weitere Rekonstruktionsschritte aus Detailbeobachtungen der Zeichnungen Benedikt Prills abgeleitet und experimentell erprobt. Die Wendeltreppe an der Nordseite, die sichtlich nicht bis zum Niveau der Empore, sondern nur bis zum Laufgang hoch führte, wurde als gesonderter Zugang für den Laufgang erkannt. Die Herzogsempore hingegen muss über einen bequemen, zweiläufig gerade geführten Stiegenaufgang von den Palasgebäuden an der Südseite der Kapelle zugänglich gewesen sein; dabei wurde zuerst der westlich vorgelagerte Nebenraum der Empore betreten und von diesem aus die Empore selbst, wobei sich die Verbindungstür außerhalb des von Benedikt Prill dargestellten Bereiches befunden haben muss (Abb. 95, 98).

Wie aus der Zeichnung Prills unzweifelhaft hervorgeht, setzte sich der zweischalige Wandaufbau im Bereich der Empore nicht fort. Die mit Blendarkaden gegliederte, in der Zeichnung dargestellte Südwand verlief in Fortsetzung der inneren Wandebene des Kapellensaales, der Laufgang unterhalb der Kapellenfenster konnte daher im Bereich der Empore keine Fortsetzung finden, dementsprechend ist auch die westliche Flankenwand der Fensternische vor der Empore ohne Durchgangsöffnung dargestellt. Über der Empore wurden gemäß der Darstellung Benedikt Prills zwei breitrechteckige Kreuzrippengewölbe rekonstruiert, die von einem Scheidbogengurt voneinander getrennt sind; dies geschah in Abweichung von der Rekonstruktion August Essens, der über der Empore ein sechsteiliges Gewölbe angenommen hatte.

Die von Benedikt Prill dargestellten Blendarkaden auf der Empore wurden an der Süd-, West- und Nordwand nach dem Modell der kleineren Arkaturen aus der Capella Speciosa, die im Speisesaal der Franzensburg erhalten geblieben sind, rekonstruiert.

Der große, annähernd quadratische Vorraum unter der Empore, in dessen Mitte die Auflast der Trennmauer zwischen Empore und westseitigem Nebenraum lag, war zweifellos überwölbt, wobei aus statischen Gründen wohl ein sechsteiliges Gewölbe mit tragender Transversalrippe zu rekonstruieren ist; diese Gewölbeform gehörte, wie der Rechteckbau an der Südwestecke der Herzogspfalz beweist³⁷⁴, zum Repertoire der französischen Bauwerkstatt, die die Capella Speciosa errichtete. Um die so zahlreich vorhandenen Blendarkaturen unterzubringen, die im Speisesaal der Franzensburg in Laxenburg vorhanden sind, wurde angenommen, daß auch der Vorraum mit derartigen Blendarkaden ausgestattet war. Die Zusammenstellung der Blendarkaden im Innenraum mit dem bei Benedikt Prill an der Nordseite der Kapelle dargestellten Rundfenster der Vorhalle und dem Schildbogen von der westlichen Hälfte des postulierten sechsteiligen Gewölbes fügt sich zu einer Konfiguration, die an die Gestaltung der zur gleichen Zeit errichteten Fensterwände des Kreuzgangs von Zwettl erinnert³⁷⁵ und zum Repertoire der französischen Zisterzienserarchitektur gehörte.

³⁷⁴ M. SCHWARZ, Klosterneuburg, Herzogspfalz, 1998, 312 f. Nr. 78.

³⁷⁵ M. SCHWARZ, Zwettl, 1998, 313–315 Nr. 79.

Mit Absicht wurden die Westmauer der Vorhalle und des darüber liegenden Nebenraumes der Empore in der Rekonstruktion nicht näher definiert. Die Aussagen Hartmann Zeibigs über eine nachträglich vermauert gewesene Loggia, die August Essenwein zur Rekonstruktion einer in fünf Öffnungen gegliederten äußeren Portalanlage im Erdgeschoß veranlasst hatte, erscheinen viel zu unsicher, um daraus nähere Schlüsse zu ziehen. Aus kultischen Gründen wäre es mindestens ebenso berechtigt, im Obergeschoß eine Loggia für *Heiltumsweisungen* anzunehmen, Essenwein hat diese Wand ohne Fensteröffnungen rekonstruiert.

6.1.5 Die Projektergebnisse 1996

Der schrittweise Prozess, die dreidimensional definierten Bauteile der Capella Speciosa wie das Portal, die Blendarkaden und die Dienstbündel einerseits mit dem digitalisierten Grabungsplan und andererseits mit dem Proportionskanon französischer Kapellenbauten um 1200–1220 aus dem kunsthistorischen Vergleichsmaterial in Einklang zu bringen, führte zu einer gleichsam asymptotischen Annäherung an ein Ergebnis größtmöglicher Rekonstruktionswahrscheinlichkeit. Gleichmaßen konnte der Präsentationscharakter von *geploteten* Planzeichnungen im *Drahtgitternetzsystem* über *gerenderte Grund- und Aufrissdarstellungen* (Abb. 92, 93, 94, 95, 96), *Isometrien* und *Perspektiven* (Abb. 97, 98) bis hin zu plastisch beleuchteten Perspektiven (Abb. 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112) mit definierten Materialoberflächen und Materialfarben (Abb. 113) weiterentwickelt werden. Bauhistorische Aussagen wurden einerseits durch diverse Längs-, Quer- und Diagonalschnitte veranschaulicht (Abb. 96, 97, 98, 100). Eine zusätzliche Steigerung der Visualisierung lieferten semitransparente Perspektiven (Abb. 101, 102, 103, 104, 105). Eine Innenansicht versucht, die Perspektive der Innenraumdarstellung Benedikt Prills am Modell nachzuvollziehen (Abb. 112). Unter Anwendung eines detaillierten *Mappings* von originalen Oberflächenfarben und der Simulation des Lichteinfalls durch farbige Glasfenster unternahm Friedrich Moser eine Innenraumvisualisierung (Abb. 113).

Der zum Projektabschluss erreichte Endpunkt der CAD-Bearbeitung ergab die Darstellung der Abschreitung vorgewählter Begehungswege durch das rekonstruierte Gebäude, sei es durch Umschreitung des Außenbaues (Abb. 106, 107), sei es durch den Gang von der Vorhalle in den Kapellenraum (Abb. 108, 109), sei es durch Ersteigen der Wendeltreppe bis zum Laufgang und im Zurücklegen des Weges von der nördlichen Längsseite über das Apsispolygon bis zur südlichen Längsseite der Kapelle auf dem Laufgang einschließlich der Veranschaulichung jeweiliger Rundumblicke. Um diese virtuelle Besichtigung standardisiert nachvollziehen zu können, wurde von diesem Prozess ein Videofilm und in der Folge eine DVD hergestellt, deren aktualisierte Fassung dieser Arbeit beiliegt. Der Videofilm konnte im Rahmen der Ausstellung *Die Krone des Landes. Klosterneuburg und Österreich* im Jahre 1996 in Stift Klosterneuburg gezeigt werden³⁷⁶. Daneben bietet der gespeicherte Datenbestand der Rekonstruktion vielfältigste Möglichkeiten weiterer Bearbeitung, etwa in einer unendlichen Auswahl an Perspektivansichten, Zoom-Effekten, Durchsichten und Teildemontagen des Objektes, die sich zu immer neuen gedanklichen Analysen des kunsthistorischen Beurteilungsbildes eignen.

³⁷⁶M. SCHWARZ, Capella, 1996, 17–28.