

Analyse von Techniken und Werkzeugen
der digitalen Videoproduktion
am Beispiel des Projektes
„Architekturpräsentation Schiefturm Bundesgartenschau 1999“,

Ronny Schulz

14. Mai 1997

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Produktionsstufen der Computeranimation	4
3	Die Planungsphase	6
3.1	Die Vorstellung der BUGA GmbH	6
3.2	Einige Vorüberlegungen	6
3.3	Das Storyboard	9
3.4	Die Verteilung der Aufgaben	13
3.5	Die Beschaffung der Vorlagen für die Materialien	13
4	Die Modellierungsphase	16
5	Das Beleuchtungsmodell und die Materialien	21
5.1	Die Beleuchtung der Szene	21
5.2	Die Atmosphäre	22
6	Die Entwicklung der Animation	24
6.1	Die Kamerafahrten	24
7	Das Rendering	27
8	Die Postproduktion	29
8.1	Die Begutachtung der einzelnen Bilder	29
8.2	Die Fehlerkorrektur	30
8.3	Das Zusammenschneiden des Videos	30
8.4	Fehler in der Animation	31
9	Auswertung	32
9.1	Probleme und Lösungsvorschläge	32
9.2	Persönliche Wertung	34
A	Anlagen	37
A.1	Das geplante Storyboard	37

Aufgabenstellung

Wichtige Teilprozesse bei der Erstellung von 3D-Animationen sind die Postproduktion, der Filmschnitt und die eigentliche Übertragung auf Video. Die Qualität des endgültigen Videos wird hierbei bereits in der Modellierungsphase durch die Wahl der Materialien und der Parameter für Licht, Kamera und atmosphärisches Szenario, bzw. durch die Dramaturgie der Animation wesentlich beeinflusst.

Innerhalb dieser Studienarbeit, die am Institut für Simulation und Graphik und dem Audiovisuellen Zentrum der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg zu Magdeburg und der Filmakademie zu Ludwigsburg absolviert wird, sollen Dramaturgietechniken, Techniken und Werkzeuge für die Postproduktion, den digitalen Schnitt und die Videokodierung untersucht werden. Die Untersuchungen sollen am Beispiel der Animation für eine Architekturpräsentation der BUGA 1999 GmbH durchgeführt werden. Als Ergebnis der Studienarbeit ist ein Video zu produzieren.

Eine detaillierte Beschreibung der zu lösenden Teilaufgaben werden dem Bearbeiter der Studienarbeit als Anlage zu dieser Aufgabenstellung ausgehändigt.

Eckdaten

Hinweis: Zur Studienarbeit wird eine Verteidigung im Rahmen des Spezialseminars durchgeführt. Diese Verteidigung geht mit in die Bewertung der Studienarbeit ein.

Prüfer: Prof. Dr. rer. nat. habil. Th. Strothotte

Betreuer: Maic Masuch Axel Hoppe
{masuch|axhoppe}@isg.cs.uni-magdeburg.de
Tel.: (03 91) 6 71 28 61

Ausgabe: 14. Oktober 1996

Abgabe: 3. März 1997

Direkter Ansprechpartner an der Filmakademie Baden-Württemberg in Ludwigsburg ist Prof. Hägele.

Magdeburg, im September 1996

1 Einleitung

Im Mai 1996 kam es zu Kontakten zwischen dem Institut für Simulation und Graphik und der Bundesgartenschau 1999 GmbH Magdeburg. Es wurde die Absicht vorgetragen, einen geplanten Ausstellungsbau in Form eines aus Schichtholz gefertigten Schiefturmes als Architekturstudie mittels einer Computeranimation zu visualisieren. Es kam zum Vertragsabschluß über ein Forschungsprojekt zwischen der BUGA GmbH und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes erarbeiteten drei Studenten der Informatik und ein Student im Praktikum ein Modell des geplanten Turmes.

Diese Studienarbeit stellt die Beschreibung, Auswertung und Analyse der erbrachten Arbeit dar und soll als Hilfestellung und Grundlage für weitere Projekte dieser oder ähnlicher Art dienen.

2 Produktionsstufen der Computeranimation

Bevor mit der Beschreibung der Arbeit begonnen wird, soll ein allgemeiner Überblick über die Produktionsstufen, die nötig sind, um eine Computeranimation zu realisieren, gegeben werden [Bru95].

Die Grobplanung ist der erste Schritt einer Computeranimation. Hierbei wird die Aufgabenstellung analysiert und die Dauer der Animation festgelegt. Es wird entschieden, ob und welche musikalische Untermalung benutzt wird. Weiterhin wird ein *Storyboard* erstellt, daß die geplanten Szenen beschreibt.

In der anschließenden Detailplanung werden genaue Pläne zu dem Projekt erstellt und nötige Aufgaben verteilt. Ein Zeitplan gibt die Möglichkeit einer groben Orientierung. Außerdem müssen die nötigen Vorlagen beschafft werden und technische und organisatorische Maßnahmen festgelegt werden.

In der Modellierungsphase werden alle Objekte konstruiert. Alle vorhandenen Bibliotheken werden durchsucht um eventuell bereits vorhandene Objekte/Materialien erneut zu benutzen. Dann werden die Objekte im 3D-Raum angeordnet. Benötigte Bildvorlagen für *Maps* werden beschafft und digitalisiert.

Als nächster Schritt wird das Beleuchtungsmodell eingerichtet und die Materialien zugewiesen. Dazu werden zunächst die Charakteristiken der Oberfläche, wie etwa Farbe, Textur und Oberflächenrauheit analysiert und festgelegt, weiterhin die Materialeigenschaften wie Transparenz und Spiegelungen. Außerdem werden die genauen Lichtverhältnisse analysiert, dazu gehören Farbe und Intensität des Umgebungslichtes, die Anzahl, Farbe, Intensität und Position der Lichtquellen, die Lichtbündelung bei *Spotlights* und Schatten. Der nächste Schritt ist die Analyse der virtuellen Kamera. Dabei werden Position, Blickwinkel und Objektiv der Kamera festgelegt. Schliesslich müssen die Umgebungsparameter, insbesondere die atmosphärischen Eigenschaften und die Tiefenschärfe, sowie der Hintergrund festgelegt werden.

In der Animationsphase wird die Animation in Teilsegmente zerlegt. Den Kameras, Objekten und Lichtquellen werden unter Beachtung physikalischer Grundlagen Bewegungen zugeordnet. Dazu werden Bewegungspfade und Metamorphose Effekte definiert oder es wird auf das *Keyframing* zurückgegriffen.

Der nächste Schritt ist das *Rendering*. Jedes einzelne Bild der Animation wird berechnet und gespeichert.

Als letzter Schritt folgt die Postproduktion, in dem einzelne *Frames* korrigiert werden, Spezialeffekte nachträglich eingefügt und die Bilder noch verändert werden können. Teilweise ist dazu ein Umwandeln der Bilddateien in verwertbare Dateiformate nötig. Anschließend werden Bild und Ton synchronisiert und eventuelle Soundeffekte hinzugefügt.

Falls kein Nachvertonen des Videos nötig ist, ist das Überspielen auf das Video der finale Schritt zur Computeranimation.

Die einzelnen Schritte zur Übersicht noch einmal zusammengefaßt:

Die Produktionsstufen der Computeranimation

- Grobplanung
- Detailplanung
- Modellierung
- Einrichtung Beleuchtungsmodell und Materialzuweisung
- Animation
- Rendering
- Postproduktion

Teilweise können die einzelnen Stufen auch parallel ausgeführt werden. In einigen Quellen wird die Grob- und Detailplanung auch zur Planungsphase zusammengefaßt.

3 Die Planungsphase

3.1 Die Vorstellung der BUGA GmbH

Die BUGA GmbH trat an die Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg heran, um ein geplantes Bauvorhaben in Millionenhöhe vorher bereits zu visualisieren. Auf diese Weise sollten die Architekten ein genaues Bild von dem erhalten, was sie umsetzen sollen. Es wurde ein Vertrag über ein etwa vierminütiges Video abgeschlossen. Dabei galt die Entwicklung des Videos als Forschungsprojekt, um auszuloten, in wieweit solche Aufträge am ISG umgesetzt werden können.

Zum Vertragsabschluß lieferte die BUGA GmbH eine frühe Skizze des geplanten Turmes (siehe Abbildung 1) und die technischen Daten. Der Schiefturm soll eine Höhe von 55 Metern haben und komplett aus Schichtholz bestehen, sein größter Durchmesser 60 Meter und der Durchmesser des Kuppelraumes 36 Meter betragen. Der Kuppelraum soll dabei 20 Meter hoch sein. Der Turm bietet eine mögliche Ausstellungsfläche von 5.000 Quadratmetern. Eine Rampe soll sich 3,5 mal um den Turm winden. Das Gesamtgewicht der Konstruktion soll in etwa 55 Tonnen sein.

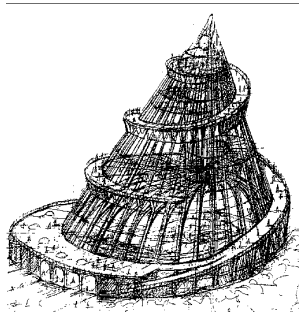


Abbildung 1: Eine der ersten Skizzen zum Schiefturm

3.2 Einige Vorüberlegungen

Ein Projekt dieser Größe kann nicht ohne ausreichende Planung angegangen werden. Zuerst muß klargestellt werden, welche Zielgruppe angesprochen wird und welche Wirkung mit dem Video beabsichtigt wird. Da das Video lediglich für interne Zwecke der BUGA GmbH benutzt werden sollte, wurde kein Wert auf das Umfeld des Turmes gelegt. Nur der Turm selbst interessierte. Dementsprechend richtete sich auch die gesamte Aufmerksamkeit nur auf den Turm.

Ein Video besteht zumeist aus einer Kombination aus Bild und Ton. Der Ton kann dabei die angestrebte Wirkung des Videos stark unterstützen. Auch für das BUGA Video wurde eine musikalische Untermalung gesucht. Dabei mußte folgendes beachtet werden:

- Die Musik soll schmückendes Beiwerk sein und die Präsentation in ihrer Wirkung auf den Betrachter unterstützen, sie darf auf keinen Fall von dem eigentlichen Video ablenken.
- In diesem speziellen Fall sollte die musikalische Begleitung eher ruhig sein.
- Die Musik sollte möglichst der angestrebten Länge des Videos entsprechen und einen gewissen Erinnerungswert besitzen, also eingängig sein.
- Außerdem sollte sie möglichst nicht GEMA¹-gebührenpflichtig sein.

Klassische Musik erfüllt am ehesten diese Anforderungen. Eine in diesem Bereich verstärkte Suche wurde relativ schnell erfolgreich abgeschlossen, die „Fantasia on Greensleeves“ von Vaughan Williams erfüllte alle Anforderungen. Dieses Musikstück ist sehr eingängig und ruhig und würde bestimmt nicht von dem eigentlichen Video ablenken, sondern sehr gut ergänzend die Wirkung verstärken. Auch die Länge entsprach in etwa dem gewünschten Wert. Trotzdem war es GEMA gebührenpflichtig, was eine spätere öffentliche Aufführung ohne Tantiemen unmöglich macht. Doch da das Video nur für den internen Gebrauch in der BUGA GmbH bestimmt war, sollte dies kein Hinderungsgrund sein.

Noch während nach der Musik gesucht wurde, wurde über die Verwirklichung der Bilder nachgedacht. Welches Programm sollte für die Bildgenerierung genutzt werden? Zuerst wurden die vorhandenen Möglichkeiten betrachtet. Folgende Programme waren verfügbar:

- Alias|*wavefront* – Ein professionelles Programm welches auf 2 der vorhandenen SGIs lizenziert war.
- Autodesk 3D-Studio – Ebenfalls ein professionelles Programm welches auf IBM-kompatiblen Rechnern lauffähig ist.
- Povray – ein *Raytracing* Programm aus der Sharewarebranche welches bereits viele Anerkennungen erhalten hat.
- Corel Dream – Ein *Raytracer*, der mit Corel Draw 6.0 mitgeliefert wurde und unter Windows 95 auf IBM-kompatiblen Rechnern zum Einsatz kommt.

¹Gesellschaft für musikalische Aufführungs- und mechanische Vervielfältigungsrechte – nähere Informationen unter <http://www.gema.de>

Ein jedes dieser Programme hat Vor- und Nachteile:

- Alias|*wavefront*

Alias|*wavefront* ist durch besonders spektakuläre Spezialeffekte in Filmen wie *Jurassic Park*, *Star Trek* oder auch *Independence Day* bekannt geworden. Die Realitätsnähe, die sich mit diesem Programm erreichen läßt, hat bereits viele Computergraphiker überzeugt, eingeschlossen den Autor. Der Alias|*wavefront* Modellierer ist *Spline*² orientiert. Dadurch ist das Modellieren im Vergleich zu polygonorientierten Modellierern besonders bei runden Objekten stark vereinfacht und bietet mehr Möglichkeiten. Alias|*wavefront* hat die Möglichkeit, die Bilder nach zwei verschiedenen Verfahren zu berechnen, mittels *Raytracing*³ und *Raycasting*⁴. Diese beiden Verfahren sind langsamer als das von anderen Programmen benutzte Renderingverfahren⁵, andererseits sind die SGI-Rechner um ein vielfaches schneller als Rechner mit einem Pentium Prozessor. Ein großer Nachteil ist allerdings, daß es nur 2 Lizenzen für Alias|*wavefront* gibt und daß diese rechnerbezogen sind. Außerdem hatte sich bis zu diesem Zeitpunkt keiner der Modellierer intensiv mit Alias|*wavefront* beschäftigt, so daß noch eine gewisse Einarbeitungszeit anfallen würde [Ali94].

- Autodesk 3D-Studio

Das Autodesk 3D-Studio ist ebenfalls ein sehr bekanntes Programm. Teilweise bestanden bereits praktische Erfahrungen. Da Autodesk 3D-Studio auf einem normalen IBM-kompatiblen Rechner mit 486er Prozessor lauffähig ist, gibt es hierbei keine Probleme bei der Bereitstellung von Hardware. Da das Autodesk 3D-Studio weder *Raytracing* noch *Raycasting* benutzt, ist die erwartete Rechenzeit geringer. Der Modellierer ist polygonbasiert und für Rundungen nach Auffassung des Autors nur umständlich zu bedienen. Für einfache Objekte ist er jedoch einfacher zu handhaben und man kann die Qualität der Objekte bereits in der Modellierungsphase erkennen. Autodesk 3D-Studio ist in der Grundversion nicht fähig, bestimmte Spezialeffekte, wie sie zum Beispiel Alias|*wavefront* bietet, zu berechnen. Allerdings gibt es sehr viele *Plug-Ins*⁶ die die Fähigkeiten der Grundversion enorm erweitern. Dem ISG standen jedoch nur wenige *Plug-Ins* zur Verfügung [Imm95].

²Ein *Spline* ist eine Funktion, die aus mehreren Polynomen, die an den Übergängen hinreichend hoch differenzierbar sind, zusammengesetzt wird [LMS91].

³*Raytracing* ist ein Beleuchtungsmodell-Algorithmus, bei dem physikalische Effekte wie Reflektionen, Transparenz und Schatten berechnet werden und nicht durch *Mapping*-Verfahren simuliert werden [Bru93].

⁴*Raycasting* ist ein vereinfachtes *Raytracing*-Verfahren

⁵Hierbei werden Effekte wie Schattenwurf und Reflektionen durch *Mapping*-Algorithmen simuliert und nicht berechnet. Dieses Verfahren ist zwar physikalisch nicht korrekt aber bedeutend schneller als das *Raytracing/Raycasting* [Bru93].

⁶externe Programme die von Fremdfirmen hergestellt werden

- Povray

Povray ist ein *Raytracer*. Er ist *Freeware* und kann über www.povray.org für verschiedene Plattformen bezogen werden. Für Povray gibt es keine offiziellen grafikorientierten Modellierer. Als Eingabe dient eine Textdatei. Da für das Projekt aber unbedingt ein guter Modellierer notwendig war, und wir von der Qualität von eventuellen Konvertern in das Povray Format nicht überzeugt waren, fiel die Entscheidung leicht, dieses Programm nicht zu benutzen.

- Corel Dream

Corel Dream ist eines der weniger bekannten Programme. Ein kleiner Test, dem es unterzogen wurde, zeigte, daß dieses Programm sehr langsam und uneffektiv, sehr umständlich zu handhaben und auch sehr eingeschränkt in der Leistungsfähigkeit war. Aus diesen Gründen kam es für weitere Betrachtungen nicht in Frage.

Nach diesen Überlegungen standen nur noch 2 Programme zur Auswahl, Alias|*wavefront* und Autodesk 3D-Studio. Aufgrund der vielen Rundungen im BUGA Turm, die in Alias|*wavefront* besser modelliert werden können, und der größeren Anzahl an verfügbaren Spezialeffekten fiel die Wahl auf Alias|*wavefront*.

3.3 Das Storyboard

In einem *Storyboard* formuliert der Autor eines Films / einer Animation seine Vorstellungen, was der Zuschauer zu jedem Zeitpunkt sehen soll. Während in Filmen normalerweise kein *Storyboard* benutzt wird, sondern eigentlich mehr ein Drehbuch das noch stark beeinflussbar durch die Schauspieler und Regisseure ist, ist es für Animationen aller Art ein unumstoßbarer Teil der Entwicklung. In ihm werden sämtliche Schnitte, Übergänge, Handlungen und Kamerabewegungen festgelegt, was gerade für Trickfilme unerlässlich ist. Hier wird sogar soweit gegangen, daß das *Storyboard* gezeichnet wird (siehe Abbildung 2), da Bilder komplexer sind als Text. Bei einem klassischen *Storyboard* wird dabei in drei Spalten unterteilt. In den Spalten werden dann jeweils die visuellen Teile beschrieben, die Schlüsselbilder festgehalten und spezielle Informationen wie Sprache, Musik und Geräusche beschrieben [Bru93].

Bei Computeranimationen muß und kann man dagegen nicht ganz so sehr ins Detail gehen, da das genaue Ergebnis immer erst begutachtet werden kann, wenn die Berechnungen alle abgeschlossen sind. Um ein sehr genaues *Storyboard* umzusetzen, braucht man sehr viel Erfahrung mit Computeranimationen.

Für die Erstellung eines *Storyboards* bieten sich zwei Alternativen an. Entweder, man denkt sich erst das *Storyboard* aus und sucht später die Musik dazu aus, oder man paßt

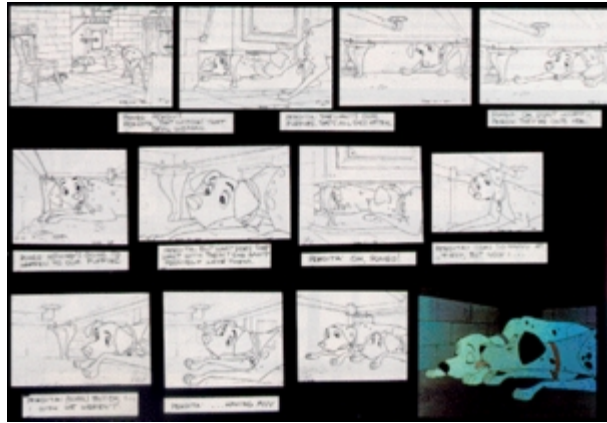


Abbildung 2: Ausschnitt aus dem Storyboard zu einem *Disney* Film

das *Storyboard* auf eine bereits bekannte Musik an. Die zweite Möglichkeit ist besonders günstig, wenn man überhaupt keine Vorgaben hat und seinen Gedanken freien Lauf lassen kann. Außerdem ist sie im Normalfall schneller zu realisieren und bedarf keiner Nachbehandlung des *Storyboards*. Da die Musikauswahl für das BUGA Video sehr früh abgeschlossen wurde, lag die zweite Variante nahe.

Die Entwicklung des *Storyboards* verlief parallel zur Modellierung. Für die Modellierung war in diesem Fall das *Storyboard* nicht nötig, da es keinen Einfluß auf das Modell hat. Der große Vorteil war, daß durch die Parallelisierung zusätzliche Informationen in die Erstellung des *Storyboards* mit einfließen. Auf diese Weise konnte durch das frühzeitige Erkennen, daß die Berechnung der etwa 7.000 Einzelbilder auf den beiden Rechnern etwa 5 Wochen über den Zeitrahmen hinausgehen würde, das *Storyboard* so erstellt werden, daß ein zweites Modell, daß mit Autodesk 3D-Studio erstellt werden sollte, berücksichtigt werden konnte.

Zunächst wurden die verschiedenen Teile des Musikstückes analysiert. Die „Fantasia on Greensleeves“ besteht aus drei Hauptteilen. Das Stück beginnt mit einer leichten Einführung, die schnell in das Hauptthema übergeht. Dieser Abschnitt wurde als Teil A titulierte. Er geht später abrupt in den Teil B über, in dem das Hauptthema stark variiert wird. Dieser Teil ist sehr wechselhaft in Geschwindigkeit und Melodie und geht schließlich weich wieder in das Hauptthema über, daß auch wieder A genannt wurde.

Nachdem diese Einteilung diskutiert und beschlossen wurde, wurden der Musik die entsprechenden Bilder zugewiesen. Diese Phase der Arbeit verlangt viel Kreativität und Intuition. Man muß in die Musik versinken und ein Gefühl für dazu passende Bilder entwickeln.

Teil A ist aufgrund seines Tempos prediseniert für die Außenansicht des Turmes. Um das

Gefühl von Größe zu verdeutlichen, sollte der komplette erste Teil aus einem langsamen Umflug um den Turm bestehen. Dabei könnte die Einleitung für den Anflug der Kamera auf den Turm genutzt werden. Die Kamera sollte von oben kommen und sich in etwa wie eine Hubschrauberkamera verhalten, der Turm aus dem Nebel auftauchen und der Nebel sich dann langsam verziehen. Zum Schluß sollte die Kamera in etwa dort enden, wo die nächste Szene beginnt.

Der nächste Teil des *Storyboards* wurde gesondert erstellt, weil er für Schnitte besser geeignet ist und ist im Anhang A.1 in der Form zu finden, in der er benutzt wurde. Er sollte sich auf Innenaufnahmen beschränken. Team 2⁷ entwickelte die Ideen für diesen Teil. Dazu ließ es die Musik auf sich wirken und unterteilte Teil B in verschiedene Unterabschnitte. Dann wurden jeweils Impressionen und Gedanken zur Musik geäußert. Hierbei verdeutlichte sich eine starke Übereinstimmung der Vorstellungen. Ein Beweis dafür, daß die Musik das Video sehr unterstützen würde.

- Unterabschnitt A – 21 Sekunden

- Die Musik

Dieser Abschnitt beginnt mit einem Staccato, einem lauten Streicherakkord. Die Musik vermittelt den Eindruck von Schwere und Tiefe und die Melodie hat sich im Vergleich zum Hauptthema stark verändert. Es werden vorwiegend Streichinstrumente eingesetzt.

- Die geplante Animation

Nach einem harten Schnitt findet man sich im Erdgeschoß wieder. Hier wird in einer Kamerafahrt die Konstruktion und dabei insbesondere die Kuppel gezeigt. Ein Blick nach oben soll den Eindruck von Größe vermitteln. Die Beleuchtung ist nur spärlich und bronzefarben.

- geplantes Modell: Alias|*wavefront* Modell

- Unterabschnitt B – 19 Sekunden

- Die Musik

Die Streicher verstummen und eine Flöte ertönt. Sie wird durch ein Pizzicato, ein Zupfen der Geigen, unterstützt. Zusammen vermitteln sie einen Eindruck von Leichtigkeit und Aufstreben.

- Die geplante Animation

⁷Teamzusammensetzung wird im Kapitel 3.4 beschrieben.

Nach einem weiteren harten Schnitt beginnt eine schnelle Kamerafahrt die Wendeltreppe hinauf. Die Beleuchtung ist dabei warm und hell aber auch von vielen Schatten geprägt.

– geplantes Modell: Autodesk 3D-Studio Modell 1

- Unterabschnitt C – 19 Sekunden

- Die Musik

- Die Flöte und die Pizzicatobegleitung verstummen. Eine neue Melodie wird von allen Streichern aufgenommen, die sehr beschwingt wirkt.

- Die geplante Animation

- Die Kamera erreicht das Ende der Wendeltreppe. Jetzt wird die Aussichtsplattform betreten, der höchsten begehbaren Punkt des Turmes. Starkes Sonnenlicht fällt durch die Streben und hinterläßt ein schönes Schattenspiel. Die Kamera bewegt sich beschwingt weiter und fährt von der Spitze des Turmes die Spirale hinab bis zur oberen Ebene. Das Objektiv streicht dabei über die Außenkonstruktionen des Turmes.

- geplantes Modell: Autodesk 3D-Studio Modell 1

- Unterabschnitt D – 11 Sekunden

- Die Musik

- Alle Instrumente verstummen und lediglich eine Flöte ist leise zu hören.

- Die geplante Animation

- Nach einer weichen Überblendung beginnt ein federleichter Fall im Inneren des Turmes.

- geplantes Modell: Alias|*wavefront* Modell

- Unterabschnitt E – 24 Sekunden

- Die Musik

- Zu der Flöte ertönt wieder eine Harfe. Beide Instrumente bereiten bereits wieder den Übergang zum Hauptthema vor.

- Die geplante Animation

- Nach einer weichen Blende beginnt eine langsame Kamerafahrt in einem der Ausstellungsräume des Turmes. Verschiedene Ausstellungsgegenstände werden kurz gezeigt. Durch ein Fenster fällt Licht ein. Die Innenaufnahmen enden in einer weichen Blende zu den nächsten Außenaufnahmen des Turmes.

- geplantes Modell: Autodesk 3D-Studio Modell 2

Für die Wiederholung des Teils A wurde ein Abflug vom Turm bei Nacht geplant, bei dem der Turm auf die Art beleuchtet wird, wie es mit alten Kirchen und Denkmälern gemacht wird. Das Schwarz der Nacht bietet dann einen guten Übergang zum Abspann, der mit weißer Schrift auf schwarzem Hintergrund ablaufen sollte.

Damit war das *Storyboard* fertig und es konnte mit der Umsetzung begonnen werden. Es wurden dazu zwei Teams gebildet.

3.4 Die Verteilung der Aufgaben

Da eine Aufgabenteilung unerlässlich war, wurden die beteiligten Personen in Teams eingeteilt. Diese Teams erhielten dann jeweils Aufgaben. Dabei mußte Team 1 während der Erstellung des Videos umgestellt werden. Die Teams wurden folgendermaßen eingeteilt:

Team	Mitglieder	Aufgaben
1	Maic Masuch Felix Ritter Marco Bubke Thomas Oeding	Modellierung des Alias <i>wavefront</i> Modells Materialsuche für das Alias <i>wavefront</i> Modell Beleuchtung des Alias <i>wavefront</i> Modells Kamerafahrten im Alias <i>wavefront</i> Modell
2	Axel Hoppe Ronny Schulz	teilweise Modellierung am Alias <i>wavefront</i> Modell Modellierung des Autodesk 3D-Studio Modells Materialsuche für das Autodesk 3D-Studio Modell Beleuchtung des Autodesk 3D-Studio Modells Kamerafahrten im Autodesk 3D-Studio Modell Postproduktion

Es wurde ein Zeitplan für die jeweiligen Aufgaben aufgestellt. Jedoch erwies sich dieser aufgrund des mangelnden Informationsflusses zwischen der BUGA GmbH und den Modellierern als nicht einhaltbar.

3.5 Die Beschaffung der Vorlagen für die Materialien

Den einzelnen Objekten im Modell müssen später Materialien zugewiesen werden. Von der Wahl der Materialien hängt es ab, wie das Objekt nach dem Rendering aussieht. Dazu muß nicht nur die Textur angegeben werden, sondern auch, welche Wirkung Licht auf

das Objekt hat. Dabei muß analysiert werden, ob das Material spiegelt oder eher matt sein soll und ob es eine glatte, regelmäßig oder eine unebene Oberfläche haben soll. Doch um das zu entscheiden, mußte erst in Erfahrung gebracht werden, aus welchen Materialien der echte Turm gebaut wird.

Leider stand diese Information nicht zur Verfügung. Es mußte improvisiert werden. Es war bekannt, daß die schweizer Firma, die die Konstruktionspläne des BUGA Turmes besitzt, vor etwas längerer Zeit einen ähnlichen Turm in der Schweiz gebaut hatte. Der Ausstellung, die sich in dem Turm befand, widmet sich ein Buch, in dem sich genügend Bilder befanden, um einen ungefähren Eindruck von den Materialien zu vermitteln. Eine genaue Analyse der Bilder zeigte, welche Materialien in etwa benötigt würden.

- grobes helles Holz mit Borke für die Streben
- helles lackiertes Holz für das Gelände der Wendeltreppe
- helles mattes „Baumarkt“-Holz für die Wendeltreppe
- für die Bohlen ein etwas grobes Holz

Da das Materialienarchiv des ISG nur sehr klein ist, bestand die nächste Schwierigkeit in der Beschaffung eben dieser Materialien. Da die Materialien für jedes Modell sehr spezifisch sind, kann man aber auch nicht erwarten, für jedes Objekt sofort das richtige Material zu finden. Trotzdem ist eine Sichtung vorhandener Materialien immer empfehlenswert.

Zuerst wurden die mit den jeweiligen Programmen mitgelieferten Materialien durchsucht. Als besonders ergiebig erwies sich hier das Archiv von Corel (siehe Abbildung 3), während vergeblich nach einem Archiv von Alias|*wavefront* gesucht wurde. Einige Materialien konnten auch von Autodesk 3D-Studio benutzt werden.



Abbildung 3: Eine der für den Turm benutzten Holztexturen

Doch auch andere Möglichkeiten der Materialbeschaffung wurden nicht außer acht gelassen. Eine Möglichkeit, die in Betracht gezogen wurde, war die Beschaffung von Texturen über das Internet. Diese Quelle war aber nicht sonderlich ergiebig und die Qualität der Materialien war ungeeignet. Die einzige brauchbare Quelle wäre der deutsche *Mirror* von Textureland⁸ gewesen, jedoch war die Auswahl an Holzmaterialien nicht sonderlich groß.

⁸<http://home.pages.de/textureland>

Materialien können auch selbst erstellt werden. Mit einer guten Photoausrüstung konnten Materialvorlagen aus dem unmittelbaren Umfeld geschaffen werden. Wichtig für die Güte der Aufnahmen ist die Wettersituation. Es ist wichtig, daß das Licht möglichst diffus ist. Daß keine direkte Sonneneinstrahlung herrscht, ist wichtig, weil die Beleuchtung der Materialien durch den Renderer erfolgen sollte. Ein Material, das bei einer direkten Einstrahlung fotografiert wird, hat jedoch schon die Merkmale eines charakteristischen Lichteinfalls. Es würde keinen realistischen Eindruck hinterlassen, wenn dieses Material auch noch von einer anderen Lichtquelle beleuchtet würde. Außerdem ist die Sonneneinstrahlung schwankend, so daß, gesetzt den Fall, daß mehrere ähnliche Materialien nebeneinander gesetzt werden, der Eindruck von Fleckigkeit entstehen kann. Auf der Suche erwiesen sich die vielen Baustellen als besonders ergiebig. Hier findet man Holz in großer Anzahl und Vielfalt. Da allerdings viele Teile beschriftet sind, muß man erst etwas länger suchen, um brauchbare Motive zu finden. Die so entstandenen Bilder wurden entwickelt, gescanned und aussortiert.

Die letzte Möglichkeit war, keine *Bitmap* Textur zu benutzen, sondern das Aussehen von Holz durch eine sogenannte prozedurale Textur zu simulieren. Alias|*wavefront* stellt einige dieser Texturen bereit, jedoch erwiesen sich diese vom Aussehen her als unnatürlich. Somit konnte diese Art von Textur nicht benutzt werden. Allerdings hatte dieser Versuch einen entscheidenden Vorteil. Aufgrund der Experimente mit den prozeduralen Texturen stießen wir auf eine gute Möglichkeit, einen Wolkenhimmel in die Szene einzubauen (siehe Abbildung 10 in Kapitel 5.2). Diese prozedurale Funktion war so gelungen, daß sie in das Modell übernommen wurde.

Nach Sichtung und Begutachtung aller gefundenen Texturen blieben lediglich vier der Texturen für die Nutzung im Modell übrig. Jedoch reichten diese Materialien für die Ausenansicht des Turmes. Zum Austesten der Wirkung wurden Studien zumeist in Form von Balken unterschiedlicher Beleuchtung erarbeitet (siehe Abbildung 4).



Abbildung 4: Ein Materialtest in Alias|*wavefront*

4 Die Modellierungsphase

Eine der größten Schwierigkeiten, die es zu überwinden galt, war der mangelnde Informationsfluß zwischen der BUGA GmbH und den Modellierern. Das Einzige, was in der Anfangsphase an Informationen zur Verfügung gestellt wurde, war ein Fax mit einer Skizze des Turmes. Dieses Fax enthielt lediglich die Grundmaße und war als Vorlage für eine Modellierung nicht geeignet. Aus diesem Grund wurde die Zeit, die zur Verfügung stand bis genauere Details eintrafen, für eine Einarbeitung in Alias|wavefront genutzt. Die *Tutorials* wurden absolviert oder die Möglichkeiten der Software nach eigenem Ermessen ausgetestet.

Etwa einen Monat später wurde ein Stahlmodell des Turmes (siehe Abbildung 5) von der schweizer Firma fertiggestellt. Dieses etwa im Maßstab 1:100 gebaute Modell wurde im Konferenzraum der BUGA GmbH ausgestellt. Es sollte als Vorlage für die Modellierung dienen. Dazu wurde das Modell von allen Seiten photographiert und außerdem ein Videofilm gedreht. Des weiteren wurde damit begonnen, in Kleinarbeit die Maße des Modelles zu übernehmen. Skizzen von allen möglichen Bauteilen des Turmes wurden angefertigt und die Maße so genau wie möglich übernommen. Die Anzahl der Stufen der Wendeltreppe und die genaue Anzahl der Streben wurden ausgezählt und in die Skizzen übernommen.



Abbildung 5: Das Stahlmodell

Während der Modellierungsphase stellte sich heraus, daß trotzdem einige Maße fehlten. Diese wurden entweder berechnet, sofern das möglich war, oder die Modellierung mußte abgebrochen werden und die Maße vom Sitz der BUGA GmbH, wo das Modell stand, geholt werden.

Da fast alle Beteiligten die Aufgaben nur neben ihrem Studium lösen konnten, und somit sich gegenseitig kaum sahen, wurde versucht, jedes Team einen von anderen Modellierungsergebnissen unabhängigen Teil des Turms modellieren zu lassen. Dazu wurde der Turm in vier Teile gegliedert:

- die Stützen - Team 1,

- die Ebenen - Team 1,
- die Wendeltreppe - Team 2 - und
- die Spirale - Team 2.

Bevor die Spirale modelliert werden konnte, mußten erst die Ebenen und die Stützen fertiggestellt sein, denn die Spirale mußte genau angepaßt werden. Die Modellierung der Wendeltreppe stellte kein Problem dar. Hier konnte die `DUPLICATE`⁹ Funktion von `Alias|wavefront` hervorragend genutzt werden. Die Gestaltung der Stützen jedoch war schwieriger als erwartet. Eine Analyse des Turmaufbaus, in Abbildung 6 veranschaulicht, soll dies näher erklären:

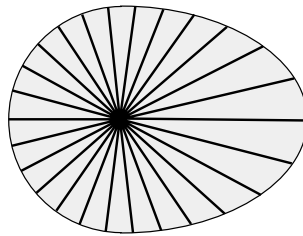


Abbildung 6: Die Grundfläche des BUGA Turmes

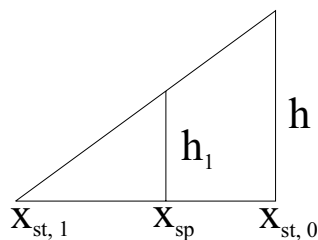
Der BUGA-Turm ist nicht symmetrisch aufgebaut. Die Grundfläche kann durch einen Halbkreis und eine Halbellipse beschrieben werden. Der Mittelpunkt des Kreises und der Ellipse ist der gleiche. In etwa in diesen Punkt sammeln sich 26 Streben, die im gleichen Winkel zueinander bis zum Schnittpunkt mit der Außenlinie der Grundfläche verlaufen. Die besondere Schwierigkeit für die Modellierung war, daß diese Streben alle gleich lang sind. Trotzdem führen sie alle bis in die Nähe des Mittelpunktes, allerdings enden sie in verschiedenen Höhen. Daraus resultiert, daß die Streben des Ellipsenteils alle in einem jeweils anderen Winkel zur Grundfläche stehen. Die Streben der Kreisfläche treffen sich in einem Punkt und laufen zu einer Spitze zusammen. Jede Strebe teilt sich dabei noch, um eine riesige Kuppel zu bilden bzw. um als Stütze für die Gänge zu dienen.

Für die Modellierung bedeutete dies, daß jede Strebe einzeln und sehr zeitaufwendig modelliert werden mußte und die Benutzung der `DUPLICATE` Funktion nicht möglich war. Schwierig war dabei besonders die Modellierung der Spitze, denn diese sollte glatt aussehen, also die 13 Streben des Halbkreises so ineinander übergehen lassen, daß sie eine glatte Oberfläche bilden. Dazu wurde die Spitze einzeln modelliert und auf die gekappten Enden der Stützen gesetzt.

⁹Die `DUPLICATE` Funktion von `Alias|wavefront` erlaubt das beliebige Duplizieren eines oder mehrerer Objekte bei gleichzeitiger Änderung von Position, Winkel und Skalierung der neuen Objekte [Ali96].

Der Turm besitzt außerdem 4 Ebenen, die von den Streben durchzogen werden, welche die Ebenen gleichzeitig stützen. Diese Ebenen ließen sich relativ leicht modellieren, was vor allem an dem *spline*-orientierten Modellierer lag.

Die Spirale hingegen, die die Besucher von Ebene zu Ebene führen soll, war eines der am aufwendigsten zu modellierenden Objekte des Modells. Aufgrund der Form des Turmes konnte keine der in *Alias|wavefront* integrierten Funktionen benutzt werden. Diese Spirale ist nicht homogen. Die genaue Position und Lage der Stützen mußte für jeden Punkt der Spirale einzeln berechnet werden. Für diese Berechnung wurden die jeweils äußeren minimalen und maximalen Höhenkoordinaten der Streben benutzt, die einzeln aus dem Modell genommen werden mußten. Dadurch sollte sie sehr genau an den Streben anliegen. Anhand der Skizze läßt sich die Herleitung der folgenden Formeln leicht nachvollziehen.



Hierbei sei:

- h die Höhe in der die Strebe endet,
- h_1 die Höhe in der die Spirale auf die Strebe trifft,
- $x_{st,0}$ die x-Koordinate des höchsten Punktes der Strebe,
- $x_{st,1}$ die x-Koordinate des tiefsten Punktes der Strebe und
- x_{sp} die x-Koordinate des Befestigungspunktes der Spirale an der Strebe

$$x_{sp} = x_{st,1} - \frac{(x_{st,1} - x_{st,0})h_1}{h} \quad (1)$$

$$y_{sp} = y_{st,1} - \frac{(y_{st,1} - y_{st,0})h_1}{h} \quad (2)$$

Die Höhe für den Schnittpunkt aus Strebe und Spirale wurde durch die Anzahl der Streben entlang der Spirale zwischen den Ebenen und dem Höhenunterschied der jeweiligen Ebenen berechnet. Ein Pascal Programm half bei der schnelleren Berechnung. Die Konstruktion dieser einen Kurve dauerte trotzdem sehr lange. Eine Nachbesserung der Punkte per Hand war unabdingbar, da nebenbei noch an den Streben gearbeitet wurde.



Abbildung 7: Testrendering aus der Modellierungsphase

Alias|*wavefront* hatte, aufgrund der Größe des Modells, Schwierigkeiten, das Modell als Gesamtes im Arbeitsspeicher zu halten. Die Benutzung von *Stages*¹⁰ schaffte dabei ein wenig Abhilfe, jedoch wurde so die Arbeit etwas komplizierter. Hatte man sich vorher an markanten Punkten eines Teilmodells orientiert, waren diese unter Umständen nicht mehr in dem jeweiligen Arbeitsmodell enthalten. Ein genaues Einpassen der Objekte war nur durch das Zuladen der benötigten *Stages* möglich.

Nachdem die Kurve für die Spirale auf die Streben angepaßt wurde, zeigte sich, daß es nicht so einfach möglich war, ein *Shape*¹¹ entlang der Kurve zu extrudieren¹². Da die Spirale nicht gleichförmig ist, interpolierte Alias|*wavefront* den Winkel des *Shapes* falsch. Es war nötig, den *Shape* per Hand an jede Strebe zu kopieren und diese einzeln zu verbinden damit sich die Interpolationsfehler nicht aufaddierten. Trotzdem ist es nicht ganz gelungen, den Übergang von der normalen Helix in die Helix auf der elliptischen Seite des Turmes fehlerfrei zu gestalten. Mittels einer Nachgestaltung per Hand konnte das Problem behoben werden.

Nachdem die einzelnen Teile des Modells zusammengesüßt und eingepaßt wurden, war das Drahtgittermodell des BUGA Turmes fertiggestellt (siehe Abbildung 8).

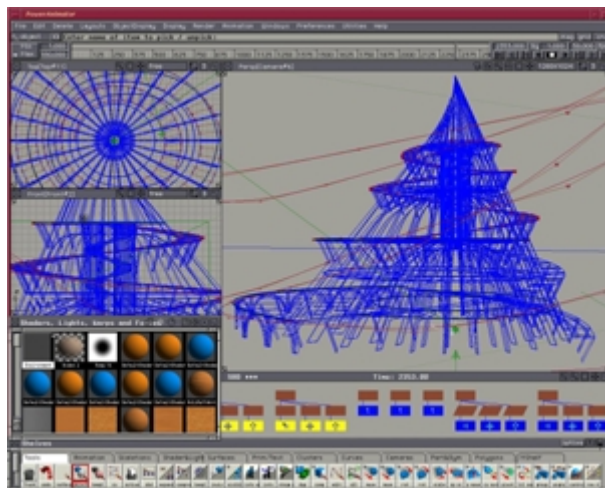


Abbildung 8: Screenshot vom Drahtgittermodell des fertigen Alias|*wavefront* Modells

Team 1 war für die Außenaufnahmen mit Alias|*wavefront* zuständig und Team 2 für die Innenaufnahmen. Während Team 1 sich in die Animationserstellung mit Alias|*wavefront*

¹⁰*Stages* dienen als Module. Verschiedene Teile des Modells, die eine gewisse Einheit bilden, lassen sich als Stage speichern und müssen dann nur noch bei Bedarf in das Hauptmodell integriert werden. [Ali96]

¹¹Ein *Shape* ist eine Art Fläche, die beim Extrudieren dem Objekt seine Gestalt gibt.

¹²Das *Shape* wird entlang eines Pfades auf jeden Punkt des Pfades kopiert. Auf diese Weise erhält man ein Objekt mit Volumen.

earbeitete, begann Team 2 mit der Erstellung der nötigen Autodesk 3D-Studio-Modelle. Diese Modelle sollten detaillierter sein und keine scharfen Kanten¹³ mehr aufweisen. Dabei brauchte für die Innenaufnahmen bei weitem nicht das gesamte Modell neu erstellt werden, sondern es reicht, wenn man sich auf die sichtbaren Objekte beschränkt. Im Autodesk 3D-Studio wurden auf diese Weise nur folgende Objekte modelliert:

- Die Streben, jedoch nur von der Turmspitze abwärts bis zur ersten Ebene. Dabei wurde die Anordnung der Streben soweit vereinfacht, daß sie in diesem Modell kreisförmig angeordnet wurden. Da die Abweichung der Streben in den oberen Etagen nicht mehr sehr groß ist, fällt kaum ein Unterschied zu dem Originalmodell auf.
- Die Wendeltreppe und ein Geländer dazu, um diese Ansichten realistischer wirken zu lassen.
- Der sichtbare Teil des Bodens, der komplett neu modelliert und aus verschiedenen Bohlen zusammengesetzt wurde. Von diesem Boden wurde später eine *Map* erzeugt und in das Alias|*wavefront* Modell eingefügt, um das Problem der fehlenden Texturen zu bereinigen.
- Holzwände für den Ausstellungsraum
- Lampen und Bilderrahmen und sonstige Ausstellungsstücke sowie Beschreibungen zu den Ausstellungsstücken, wobei auf bereits vorhandene Modelle des ISG zurückgegriffen wurde.
- Der Himmel, der mit Hilfe einer *Map* aus Alias|*wavefront* kaum einen Unterschied zum anderen Modell erkennen ließ.

¹³Wenn ein Objekt ohne abgerundete Kanten aus der Nähe betrachtet wird, ist immer eine klare scharfe Kante erkennbar. Da aber reale Objekte nie solche Kanten aufweisen, wirkt dieser Effekt äußerst unrealistisch. Bei Betrachtungen von scharfen Kanten aus der Ferne tritt dieser Effekt nicht auf. Darum konnte bei den Außenaufnahmen auf abgerundete Kanten verzichtet werden. Der Nachteil von abgerundeten Kanten ist, daß die Anzahl der Polygone für das Objekt enorm ansteigt und so mehr Speicher und Rechenzeit benötigt wird.

5 Das Beleuchtungsmodell und die Materialien

5.1 Die Beleuchtung der Szene

Die Beleuchtung ist einer der wichtigsten Parameter für die Entstehung eines guten Bildes, sowohl in der Photographie als auch beim Rendering. Das Problem bei der Beleuchtung von Modellen für das Rendering ist, daß die Lichtquellen viel zu nah an dem Objekt positioniert sind und die Lichtquellen im Normalfall Punktlichter sind. Das bewirkt, daß ein Schatten normalerweise größer ist als das Objekt und die Schatten ringförmig um die Lichtquelle fallen. In der realen Welt ist die Lichtquelle (Sonne) aber sehr weit von den Objekten weg. Die Schatten fallen fast parallel. Außerdem ist die Sonne bedeutend größer als ein Punkt und somit tritt eine ungerichtete Lichtverteilung auf. Dadurch fallen Schatten nicht mit scharfen Konturen, sondern sind am Rand immer etwas diffus. Teilweise wird bereits durch die Reflektion in der Atmosphäre ein diffuses Licht erzeugt. Die Schattenfälle wirken dadurch am Rand diffuser. Schatten mit scharfen Konturen, im weiteren als scharfe Schatten bezeichnet, kommen in der realen Welt nur sehr selten vor, zum Beispiel an wirklich klaren Sonnentagen. Laut [Bru93] haben 80% aller Schatten in der realen Welt einen weichen Konturverlauf. Im Gegensatz dazu erzeugen Punktquellen immer einen scharfen Schatten.

Diese Fakten mußten auch beim BUGA Modell beachtet werden. Dabei half es enorm, daß das Autodesk 3D-Studio standardmäßig auf das *Raytracen* von Schatten verzichtet und statt dessen die Schatten durch ein anderes Verfahren simuliert: das *Shadow Mapping*. Beim *Shadow Mapping* wird für jedes Objekt zu Beginn des Renderingprozesses ein Schattenbild erzeugt, daß durch Duplizieren und Verzerren der jeweiligen Objekte entsteht. Dabei wird eine Transformation des 3D-Objektes auf eine 2D-Map in Abhängigkeit von den Lichtquellen durchgeführt, die entsprechend verzerrt hinter dem Objekt als vorgetäuschter Schatten dargestellt wird. Dieses Verfahren hat jedoch auch Nachteile, so können keine korrekten Schatten von teilweise transparenten Objekten berechnet werden. Da diese im Modell aber nicht vorkommen, mußte sich darum auch nicht gesorgt werden [Bru93].

Als Hauptlichtquelle für beide Modelle wurde ein großes Spotlight benutzt, daß eine gelblich-weiße bzw leicht orange Ausstrahlung hatte. Es entsprach in etwa dem Sonnenlicht und um diesen Eindruck weiter zu verstärken, wurde auch der Einfallswinkel so gewählt. Es entstand die Wirkung eines schönen Sommernachmittags. Die Sonne steht nicht senkrecht über dem Turm sondern scheint von der Seite in ihn hinein. Auf diese Weise lassen sich phantastische Lichtspiele erzeugen. Allerdings schien es von Nachteil zu sein, daß die Schatten bei Alias|*wavefront* frei definierbar und änderbar sind. Es dauerte sehr lange, bis eine passende Einstellung gefunden wurde. Alias|*wavefront* bietet so viele Einstellmöglichkeiten um dem typischen Problem von Raytracern aus dem Weg zu

gehen, nur Schlagschatten berechnen zu können. Weiche Schatten sind normalerweise nicht möglich, wirken aber viel realistischer als harte.

Das ambiente Licht erhielt in etwa die Farbe des Himmels. Ambientes Licht soll die Umgebung in dem Modell widerspiegeln und bei einem blauen Himmel muß dieser Blauton auch in dem Modell wieder auftauchen.

Auf zusätzliche Lichtquellen zur Akzentuierung wurde weitgehend verzichtet. Diese bringen bei Einzelbildern die Konturen eines Objektes besser zur Geltung, allerdings sollte dies auch durch die Animation gelingen. Der eigentliche Grund, zusätzliche Lichtquellen zu meiden, war allerdings, daß jede neue Lichtquelle die Rechenzeit pro Bild drastisch erhöhte und der Mehraufwand nicht mehr akzeptabel war.

Schwierigkeiten ergaben sich beim *Mapping* der Texturen auf die Objekte, die teilweise runde Formen hatten, wie zum Beispiel die Spirale oder die Streben. Doch *Alias|wavefront* benutzt ein gutes Interpolationsverfahren und nach zahlreichen Versuchen mit dem Mapping war das Ergebnis zufriedenstellend. Damit war das Modell des BUGA-Turmes im Prinzip fertig. Was noch fehlte war ein Boden, der die Darstellung des Turmes noch realistischer aussehen lassen würde und ein Wolkenhimmel. Kurz, die richtige Atmosphäre.

5.2 Die Atmosphäre

Die Atmosphäre ist ebenfalls eine wichtige Umgebungsvariable für das synthetisierte Bild. Es ist von entscheidender Bedeutung, die atmosphärischen Eigenschaften eines Modells genau zu analysieren und umzusetzen. Unter atmosphärischen Eigenschaften versteht man dabei Nebel, Rauch, Dunst oder Unschärfen durch Luftverunreinigungen (*distance fog*). Dabei können diese Eigenschaften den Verlauf des Lichtes beeinflussen und haben somit auch einen starken Einfluß auf die Bilddarstellung [Hop94].

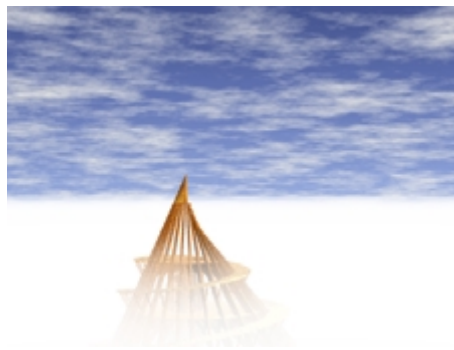


Abbildung 9: Testrendering des Turmes im Nebel

Die verschiedenen Effekte wurden auch für das BUGA Modell getestet. Dabei erwies sich die Konfiguration des Nebels als besonders schwierig. Da in der Anflugsphase ein großes Feld von der Kamera bestrichen wird, allerdings keine Objekte in dem Sichtfeld liegen, sollte der Nebel diesen Umstand etwas verschleiern. Der Turm sollte aus dem Nebel auftauchen und der Nebel sich langsam verziehen (vgl. Kapitel 3.3). In Abbildung 9 ist eines der Testbilder zu sehen, in denen der Einsatz von Nebel getestet wurde. Die Nebelbilder wurden nicht involvierten Personen gezeigt, um die Wirkung auf einen nicht voreingenommenen Betrachter zu testen. Nachdem zu keinem der Testbilder eine positive Resonanz erlangt werden konnte, wurde nach einer Diskussion auf den Einsatz von Nebel verzichtet.

Der sogenannte *Distance Fog*, der bewirkt, daß weiter entfernte Objekte an Farbsättigung und Schärfe verlieren, ist jedoch in allen Tests positiv bewertet worden und verlieh der Szene ein entscheidend realistischeres Erscheinen. Besonders positiv aufgenommen wurde der fraktal berechnete Himmel (vgl. Kapitel 5). Die Szene wirkte mit einem auf die gleiche Weise erstelltem Sandboden noch realistischer.



Abbildung 10: Der durch eine prozedurale Funktion berechnete Himmel

6 Die Entwicklung der Animation

6.1 Die Kamerafahrten

Bei einer Architekturpräsentation geht es meistens darum, dem Betrachter einen Eindruck von dem zu vermitteln, was er sieht, wenn er die Architektur begehen würde. Die Architektur an sich ist eigentlich nicht animiert. Um diesen Eindruck zu vermitteln, werden für Architekturpräsentationen die Bewegungen des Besuchers nachgeahmt. Eine Kamera stellt dabei das Auge des Betrachters dar. Dieses Auge bewegt sich dann durch die Architektur. Dieses nennt man im Allgemeinen eine Kamerafahrt. Auch für das BUGA Video wurden Kamerafahrten eingesetzt.

Um die Kamerafahrten realistisch wirken zu lassen, mußten einige Faktoren beachtet werden. Es mußten die Geschwindigkeit, die Linse, der Sichtwinkel und die Neigung der Kamera den Eindruck hinterlassen, daß sich eine reale Kamera durch ein Gebäude bewegt. Die Geschwindigkeit wurde nach dem Ermessen des jeweiligen Modellierers festgelegt und dann von anderen bestätigt. Die Linse wurde festgelegt: Für die Außenaufnahmen sollte eine normale TV-Kameralinse Vorbild sein, wobei sich die vordefinierten Linsen in Alias|*wavefront* gut eigneten. Bei den Innenaufnahmen gab es Unstimmigkeiten, ob eine TV-Kameralinse benutzt oder doch lieber der Sichtwinkel auf 80° festgelegt werden sollte. Dies entspricht dem Sichtfeld eines normalen Erwachsenen und würde vielleicht eher den Eindruck hinterlassen, durch den Turm zu gehen. Wir entschieden uns, bei eindeutigen Gängen durch den Turm, den Winkel auf 80° festzulegen und ansonsten die TV-Kameralinse zu benutzen.

Wichtig für die Animation ist die Festlegung der Kamerapfade. Hierbei wird festgelegt, zu welchem Zeitpunkt sich das Auge (die Kamera), der *Point of Interest* (wo man hinsieht) und im Falle von Alias|*wavefront* auch der *Up-Vektor*, der angibt wo oben ist, an welchem Ort in der Szene befinden. Eine *Wireframe*¹⁴ Animation läßt den Modellierer dann die Geschwindigkeit und die Sicht der Kamera abschätzen. Notfalls müssen entsprechende Änderungen vorgenommen werden. Es erwies sich dabei als nachteilig, daß die Vorschau als *Wireframe* dargestellt wird, da der Modellierer nicht sieht, welche Fläche verdeckt wird und auf diese Weise auch schon mal Querbalken unbemerkt vor die Kamera wandern und die Sicht versperren können.

Nachdem die Kamerapfade festgelegt waren und die ersten Probeanimationen berechnet wurden, zeigte sich, daß Alias|*wavefront* nicht in der Lage war, alle geforderten Animationen zeitgemäß fertigzustellen. Kurzerhand wurden alle Alias|*wavefront* Animationen aus Teil B der Animation (den Innenaufnahmen) gestrichen und durch äquivalente Kamerafahrten in Autodesk 3D-Studio ersetzt. Dazu mußten im Autodesk 3D-Studio noch

¹⁴Drahtgitter

einige Objekte hinzumodelliert werden, was aber kaum Zeit in Anspruch nahm.

Schliesslich wurden folgende Kamerafahrten festgelegt und umgesetzt:

- Teil A – Der Umflug

Die Kamera ist auf den Himmel gerichtet und bewegt sich langsam abwärts. Von rechts unten kommt der Turm in das Bild. Die Kamera dreht sich langsam um das Zentrum des Turmes. Sie fällt weiter bis sie in etwa in Augenhöhe eines am Boden stehenden Betrachters angelangt ist. Dabei bewegt sich die Kamera dichter an den Turm heran. Jetzt sind nur noch die Bögen unter der ersten Ebene zu sehen. In dieser Höhe bleibt sie, bis etwa die Hälfte des Turmes umkreist ist, wo sie dann wieder an Höhe und Abstand zum Turm gewinnt, bis der Turm komplett zu sehen ist. Dann schnellst sie auf den Turm zu.

- Teil B, Unterabschnitt A – Die Kuppel in Etage 2

Die Kamerafahrt beginnt ganz am Rand der Ebene, so daß noch die Balken zu sehen sind, durch die sich die Kamera dann durchbewegt und die Richtung zur Wendeltreppe einschlägt. Kurz vor Erreichen der Wendeltreppe richtet sich der *Point of Interest* nach oben und die Kamera fängt die freitragende Kuppel dieser Etage ein. Dabei dreht sich die Kamera, wenn der *Point of Interest* direkt über ihr ist um 180° und der Blick senkt sich wieder, während sich die Kamera weiter rückwärts bewegt.

- Teil B, Unterabschnitt B – Die Wendeltreppe

Die Kamera steht vor dem Eingang zur Wendeltreppe. Langsam setzt sie sich in Bewegung und schwenkt in die Wendeltreppe ein. Sie folgt der Treppe nach oben behält dabei aber vorwiegend das Geländer in Sicht.

- Teil B, Unterabschnitt C – Die Aussichtsplattform

Die Kamera folgt immer noch der Wendeltreppe, erreicht aber ihr Ende. Die Kamera blickt jetzt über die Mitte des Turmes hinaus und bewegt sich seitlich an dem Geländer fort. Ein Blick nach unten zeigt die Wendeltreppe noch einmal.

Dieser Teil ersetzt den geplanten Abgang über die Spirale, da das Modell nicht rechtzeitig fertiggestellt werden konnte.

- Teil B, Unterabschnitt D – Der Fall

Die Kamera fällt an der Außenseite der Wendeltreppe entlang ferderleicht nach unten.

- Teil B, Unterabschnitt E – Die Ausstellung

Die Kamera blickt auf eine Bildergalerie und setzt sich dann in Bewegung um

gleich nach rechts in einen Ausstellungsraum zu schwenken. Dort schwenkt sie langsam wieder nach links über die Ausstellungsstücke hinweg und endet schließlich nach einem weiteren Linksschwenk mit Blick auf eines der Bilder der Galerie.

- Teil A II – Der Abflug

Aufgrund von Zeitmangel war die Berechnung der letzten Sequenz nicht mehr möglich. Trotzdem mußte versucht werden, einen Abschluß zu finden. Am einfachsten erschien die Möglichkeit, eine Szene doppelt zu benutzen, doch würde das sehr auffällig sein und auch nicht zum Abschluß passen. Rückwärts wiedergegeben wäre der Anflug auf den Turm jedoch ein Abflug.

7 Das Rendering

Nachdem alle für eine realistische Wirkung der Szene notwendigen Parameter festgelegt wurden und die Kamerapfade fertiggestellt waren, wurden zuerst ein paar Testsequenzen in geringerer Auflösung berechnet. Dies war notwendig, um eventuelle Fehler in den Kamerafahrten und Materialien zu entdecken. Außerdem wurde nur jedes fünfte Bild berechnet, da sich die Änderungen des sehbaren Bildes bei einer Animation doch in Grenzen halten und die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers, der nicht gefunden wird, verschwindend klein ist.

Nach Sichtung der Ergebnisse und geringfügigen Korrekturen konnte mit der endgültigen Berechnung begonnen werden. Es wurde versucht, so viel wie möglich Sequenzen parallel zueinander berechnen zu lassen, um die real benötigte Zeit für die Berechnungen zu kürzen. Die Alias|*wavefront* Animation wurde in zwei Teile geteilt, da zwei Rechner zur Verfügung standen, auf denen die Berechnungen durchgeführt werden konnten. Das Video sollte in PAL Qualität gefertigt werden, also wurde die Ausgabe in Alias|*wavefront* und dem Autodesk 3D-Studio darauf angepaßt.

Das PAL Format entspricht einer Auflösung von 768×576 Bildpunkten [FvDFH90]. Dabei werden 25 Bilder pro Sekunde dargestellt. Das bedeutete, daß für die 101 Sekunden der Alias|*wavefront* Animation 2.525 Bilder berechnet werden mußten. Da für die Schnitte des Videos wahrscheinlich noch Extrabilder benötigt werden würden, wurde jeweils eine Sekunde extra zur Sicherheit berechnet. Damit mußten die beiden SGIs, die die Berechnung durchführten, 2.550 Bilder erzeugen. Auf der SGI konnte in etwa ein Bild in 15 – 25 Minuten berechnet werden, abhängig von der Komplexität der sichtbaren Objekte. Bei einem Schnitt von 20 Minuten pro Bild entspricht das also einer Zeit von 51.000 Minuten = 850 Stunden = 35 Tage und 10 Stunden. Da aber zwei Rechner sich die Arbeit teilten, bleibt pro Rechner eine reine Berechnungszeit von 17 Tagen und 22 Stunden. In dieser Zeit konnte kein Einfluß auf die weitere Entwicklung genommen werden, jedoch konnten die bereits fertiggestellten Bilder betrachtet und begutachtet werden.

Zur selben Zeit wurde auch mit den Animationen des Autodesk 3D-Studio Teiles begonnen. Hier zeigte sich, daß ein polygonorientiertes Modell ohne *Raycasting* bedeutend schneller berechnet werden konnte, als ein *Spline*-orientiertes Modell, wie es Alias|*wavefront* benutzte. Die Berechnungszeit pro Bild schwankte zwischen 3 und 8 Minuten. Für die Berechnung der jeweils ersten Bilder einer Teilanimation brauchte das Autodesk 3D-Studio etwas länger, da hier der komplette Schattenwurf zu Beginn berechnet wird und erst bei einer Änderung im Modell erneut berechnet werden muß. Je nach Komplexität dauerte das 3 – 8 Minuten länger im Vergleich zu den Nachfolgebildern. Die Gesamtzahl der Bilder entsprach in etwa der der Alias|*wavefront* Animation. Zwar wurden für die exakte Länge nur 2.350 Bilder benötigt, allerdings muß man bei weichen Blenden mit einem höheren Verschnitt rechnen. Deshalb wurden in etwa 2.500 Bilder

berechnet. Setzt man einen Schnitt von 6 Minuten pro Bild an, so kommt man auf eine Gesamtzeit von 15.000 Minuten = 250 Stunden = 10 Tage und 10 Stunden. Da mehrere PCs parallel arbeiten konnten, es wurden 3 Rechner mit Pentium Prozessor benutzt, war die Gesamtzeit lediglich 3 Tage, 11 Stunden und 20 Minuten.

8 Die Postproduktion

Unter Postproduktion versteht man die gesamte Nachbearbeitung der Einzelbilder, von der Begutachtung bis zur Überspielung auf das Video und einer eventuellen Nachvertonung. Dabei unterscheidet man in digitale und analoge Postproduktion. Die analoge Postproduktion wird normalerweise für das Zusammenschneiden von bereits auf Video befindlichen Sequenzen benutzt. Die Bildmanipulation erfolgt nur durch analoge Geräte. Im Gegensatz dazu wird bei der digitalen Postproduktion immer das jeweilige Einzelbild in digitaler Form bearbeitet, zumeist durch Computer. Dazu werden die Bilder in ein digitales Format gebracht, daß Computer verarbeiten können. Sämtliche Änderungen am Videomaterial werden durch den Computer vorgenommen und danach auf Video überspielt. Die digitale Postproduktion hat den Vorteil, daß die Bildqualität immer die gleiche bleibt. Zwar werden einige Daten reduziert, doch kann man die Qualität der Einzelbilder selber festlegen. Bei der analogen Postproduktion können durch mechanischen Verschleiß Fehler auftreten. Man muß jedoch nicht die Qualität festlegen, wie bei der digitalen Videoproduktion [Bru93].

8.1 Die Begutachtung der einzelnen Bilder

Schon während des Renderings wurden die Ergebnisse kritisch betrachtet. Fehler sollten gesucht und das Rendering abgebrochen werden, sobald ein solcher gefunden würde. Das Modell hätte dann dementsprechend verändert werden müssen, so daß der Fehler nicht wieder auftauchen würde und das Rendering erneut begonnen werden konnte. Dieses Verfahren war nur bei der Erstellung der Autodesk 3D-Studio Animation möglich. Die Alias|*wavefront* Animation würde gerade rechtzeitig berechnet worden sein, um die Nachbearbeitung und die Aufzeichnung des Videos fristgemäß fertigstellen zu können. Natürlich konnte dieser Test nur mittels Stichproben unternommen werden, da es praktisch unmöglich ist, alle 6.000 *Frames* zu untersuchen. Folgende Fehler sind durch die Bildbetrachtung gefunden worden:

- Fehler in der Alias|*wavefront* Animation

Die Anzahl der Fehler in diesem Teil hielt sich in Grenzen. Der einzige Fehler war, daß die Atmosphäre irgendwie nicht ganz passend erschien. Wie sich herausstellte, wurden für die finale Animation falsche Einstellungen für den *Distance Fog* benutzt. Ein ärgerlicher Fehler der sich besonders auf die Farbsättigung auswirkte, aber eventuell durch Nachbearbeitung der berechneten Bilder behoben werden konnte.

- Fehler in der Autodesk 3D-Studio Animation

Durch die Begutachtung der Einzelbilder konnten keine Fehler gefunden werden.

8.2 Die Fehlerkorrektur

Wie bereits in Kapitel 8.1 beschrieben, sind Fehler in der Alias|*wavefront* Animation aufgetaucht. Da diese Fehler aber die gesamte Alias|*wavefront* Animation betraf, und nicht nur einen Teil davon, war eine entsprechende Korrektur möglich. Mit Hilfe der *Z-Buffer* Informationen für jedes Bild konnte im nachhinein ein Programm die Farbwerte der Bilder so korrigieren, daß sie in etwa den erwarteten entsprachen. Das Programm veränderte dazu die Farbwerte jedes einzelnen Pixels in Abhängigkeit von dem Wert des dazugehörigen *Z-Buffer* Eintrags. Dieser Wert stellt ja die Tiefe des Bildpunktes im 3D-Modell dar. Auf diese Weise erlangten die Einzelbilder ein realistischeres Aussehen.

Leider wurden durch ein Versehen einige Teile der Animation jedoch unterschiedlich beeinflusst und die Originalbilder aufgrund von Platzproblemen dabei gelöscht. Somit war eine Korrektur nicht mehr ohne weiteres möglich. Dieser Fehler äußert sich in der Animation durch einen, wenn auch kaum erkennbaren, plötzlichen Wechsel der Intensität der Farben.

8.3 Das Zusammenschneiden des Videos

Nachdem alle Fehler korrigiert wurden, mußten die Daten auf den Server des AVMZ¹⁵ überspielt werden, da nur hier die nötige Hardware, bestehend aus einer *Maximum Impact* mit Videokarte und schnellen Festplatten, für den weiteren Postproduktionsprozeß vorhanden war. Für den Zusammenschnitt der Animation wurde das Programm AVID, ein digitales Schnittprogramm, benutzt. Mit diesem Programm können Überblendungen, harte und weiche Schnitte sowie Schwarz- oder andersfarbige Blenden umgesetzt werden. Außerdem ist dieses Programm in der Lage, die digitale Musikvorlage auf den Frame genau anzupassen. AVID benötigt dazu aber ein besonderes Dateiformat. Es kann nicht alle Dateiformate lesen. Somit mußten die berechneten Bilder in das verlangte Format konvertiert werden. Dieser Vorgang nahm eine gewisse Zeit in Anspruch, in der nichts weiter unternommen werden konnte, da der Konvertierungsprozeß sehr rechenintensiv ist.

Nach dieser Konvertierung konnten die jeweiligen Sequenzen dann von AVID bearbeitet werden. Das Programm erzeugte auf den schnellen Festplatten eine Datei, die aus den Einzelbildern mit Hilfe eines bestimmten Kompressionsverfahren berechnet wurde.

¹⁵Audiovisuelles Medien Zentrum

Ohne diese Kompression wäre es wohl nicht möglich, die Animation von der Festplatte abzuspielen. Pro Bild wurden in der PAL-Auflösung in etwa 1,4 MB benötigt. Die Festplatte müßte bei 25 Bildern pro Sekunde also in etwa 35 MB pro Sekunde kontinuierlich lesen können. So schnelle Festplatten gibt es aber noch nicht.

Nachdem alle Sequenzen in dieses Format übertragen wurden, wurden sie Szene für Szene aneinandergesetzt. Dies geschah auf den Frame genau, was auch notwendig ist, da jede Ungenauigkeit später vom Auge des Betrachters wahrgenommen wird. Darauf hin wurde die Musik genau synchronisiert. Dazu wurde eine markante Stelle benutzt, der harte Übergang von den Außenaufnahmen zu den Innenaufnahmen, der mit einem Staccato der Streicher unterstützt wird. Nachdem diese wichtige Stelle nun richtig plaziert wurde, konnten die anderen Sequenzen darauf eingepaßt werden und die jeweiligen weichen Schnitte berechnet werden.

Mit einem Amiga 2.000 wurde dann noch der Abspann für das Video erstellt. Nachdem auf diese Weise das Video komplett im Computer erstellt war, konnte es jetzt auf Video (in diesem Fall ein S-VHS Band) überspielt werden. Diese Version wurde zur Vorführung benutzt.

Später wurden dann die Änderungswünsche des Auftraggebers, die sich vorwiegend auf den Abspann bezogen, umgesetzt und ein BetaCam *Master Tape* gefertigt, dessen Wiedergabequalität doch deutlich höher ist, als die eines VHS/S-VHS Bandes.

8.4 Fehler in der Animation

Erst in der endgültigen Animation waren Fehler zu erkennen, die auf einen ungenauen Kamerapfad oder andere bewegungsspezifische Probleme zurückzuführen waren. Die bereits erwähnte Farbintensitätsänderung ist auf dem Video zwar nicht so deutlich zu sehen, aber durchaus wahrnehmbar. Ein weiterer Fehler ist ein Rucken der Kamera in der Alias|*wavefront* Animation kurz vor dem schnellen Zuflug auf den Turm.

Doch auch in der Autodesk 3D-Studio Animation sind deutlich Fehler zu erkennen. Zwei der Bretter des Fußbodens flackern, was darauf hinweist, daß diese Teile nicht durchdringungsfrei modelliert wurden und in Konkurrenz zueinander stehen, so daß sich der Renderer nicht entscheiden kann, welches Material er für die Objekte benutzt. Weiterhin ist besonders in der Animation des Ausstellungsraumes das Fehlen des *Motion Blurrings*¹⁶ wahrzunehmen. Die Bretter der Ausstellungswände scheinen keine flüssige Bewegung zu vollziehen.

¹⁶Bewegungsunschärfe

9 Auswertung

9.1 Probleme und Lösungsvorschläge

Während der Arbeit an der Animation sind viele Probleme bemerkt worden, die jetzt näher geschildert werden sollen. Sofern der Autor eine Lösungsmöglichkeit sieht, wird er diese angeben, ohne dabei die Umsetzbarkeit am ISG zu beachten.

- Allgemeine Probleme

Eines der größten Probleme war der fehlende Speicherplatz auf Festplatten. Zwar hatte das ISG insgesamt genügend freien Speicher auf Festplatten, jedoch ist dieser nicht in einem Stück vorhanden, wie das für eine Animation nötig ist. Nur unter viel Aufwand konnte freier Plattenplatz gefunden werden. Teilweise war die Platte, die die Alias|*wavefront* Animationen aufnahm zu 99% voll. Nur ein schnelles Verschieben der Dateien auf eine andere Platte konnte dann Abhilfe schaffen. Auf diese Weise wurde die Animation unfreiwillig in mehrere unterschiedlich große Teile zerlegt, die später erst wieder gefunden werden mußten. Eine mehrere Gigabyte große lokale Platte an den jeweiligen Rechnern würde nicht nur das Netzwerk entlasten, sondern auch diesen Umstand verhindern. Diese Platte sollte dann auch jeweils nur von dem Rechner benutzt werden können. So könnte man den tatsächlich vorhandenen Plattenplatz genau bestimmen.

Der Einsatz von Monitoren mit Black Trinitron Technologie zog ebenfalls Probleme nach sich. Die Black Trinitron Röhre läßt besonders Rottöne anders erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind. Da teilweise die Farben an einem Sonymonitor festgelegt wurden, mußten diese im Nachhinein mehrmals geändert werden, da auf jedem anderen Monitor die Farben unwirklich aussahen. Überhaupt stellte sich heraus, daß kein einziger Monitor im ISG richtig kalibriert war. Dies ist für die Erstellung einer Animation und auch für normales Rendering von Einzelbildern aber unabläßlich.

Ein Problem ganz anderer Art war der mangelnde Informationsfluß zwischen den Auftraggebern und den Modellierern. Dadurch mußte ein Großteil intuitiv improvisiert werden, wie zum Beispiel das Gelände der Wendeltreppe, die Beschaffenheit des Holzes und anderes.

Menschliche Fehler lassen sich nicht verhindern. Auch bei diesem Projekt entstanden durch solche ein paar Probleme, wie schon in Kapitel 8.2 beschrieben. Daß die Korrektur dieser Fehler erneut von menschliche Fehlern durchsetzt war, konnte nicht verhindert werden.

- Das Alias|*wavefront* System

Schon in der Modellierungsphase zeigte sich, daß die Hardwareanforderungen teilweise die vorhandenen Möglichkeiten überstiegen bzw. bis zum Äußersten beanspruchten. Eines der ersten Probleme lag aber an einem trivialeren Umstand: das ISG besaß zum Zeitpunkt der Modellierung nur 2 Lizenzen für Alias|*wavefront*. Da das Team zeitweise aus 7 Mitarbeitern bestand, konnte ein zeitgleiches Arbeiten nicht stattfinden. So konnten die verschiedenen Teams nur dann an ihrem Modell arbeiten, wenn kein anderes Team die Rechner belegte. Für weitere Projekte dieser Größe wird die Anschaffung mehrerer Lizenzen unabdingbar sein.

Desweiteren zeigte sich, daß die Modellierung auf den vorhandenen Systemen durch eine ziemlich gemäßigte Geschwindigkeit des Programmes behindert wurde. Dies hatte mehrere Gründe:

- Der Hauptspeicher der Rechner erfüllt mit 128 MB gerade einmal die Mindestanforderung von Alias|*wavefront*. Eine Aufrüstung der Rechner würde einen gewissen Leistungssprung nach sich ziehen, da nicht mehr so viele Daten ausgelagert werden müßten.
- Alias|*wavefront* liegt nicht auf einer lokalen Platte, sondern wird über das Netzwerk geladen. Dadurch dauern Aufrufe einzelner Funktionen länger, als wenn sie auf einer lokalen Platte liegen würden.
- Die beiden SGIs, auf denen Alias|*wavefront* lizenziert war, waren mit älteren *Extreme*-Graphikkarten ausgerüstet. Für einen schnelleren Bildaufbau und somit flüssigeres Arbeiten würde sich die Anschaffung eines besseren Graphikboards bzw. der Umbau in eine *Maximum Impact* lohnen.
- Mit den R4.000 Prozessoren entsprechen die SGIs nicht dem neuesten Stand der Technik. Dies ist jedoch mehr ein allgemeines Problem in der Computerbranche. Trotzdem würde der Einsatz von R10.000 Prozessoren die Bearbeitungsgeschwindigkeit deutlich erhöhen.
- Die beiden Rechner waren weiterhin im *Multiuser* Betrieb eingesetzt. Dadurch sank die Größe des verfügbaren Hauptspeichers weiter. Eine *Singleuser* Umgebung würde für den Prozeß einer Animation Vorteile bringen.
- Dadurch, daß Proberendings unabdingbar waren, diese aber auf dem gleichen Rechner gestartet werden mußten, blieb kaum noch Rechenzeit für die weitere Modellierung über. Das machte sich besonders bei der Änderung der Fensterinhalte in Alias|*wavefront* bemerkbar. Es wäre gut, wenn für das Rendering ein spezieller Rechner im Netz bereitgestellt werden könnte, der *remote* rendert und nur zu diesem Zweck benutzt wird.

Eines der wohl größten Handicaps, die zu überwinden waren, war die automatische Gammakorrektur der SGIs. Für die Farbabstimmung der Materialien ist sie völlig ungeeignet und hinderlich. Eine Farbabstimmung war auf den SGIs somit unmöglich. Es mußten Probedbilder gerendert werden und auf anderen Rechnern getestet werden. Natürlich dauert dieser Vorgang entschieden länger und ist bei weitem nicht so präzise wie eine direkte Farbbearbeitung.

- Das Autodesk 3D-Studio System

Dadurch, daß die Modellierer bereits Erfahrungen im Autodesk 3D-Studio hatten, wurden bereits viele Fehlerquellen umgangen. Trotzdem gab es negative Auswirkungen, die besonders deutlich durch das fehlende *Motion Blurring* geworden sind. Diese Effekte wurden erst in der Animation sichtbar. Versuche, nachträglich das *Motion Blurring* einzurechnen, ergaben nur unbefriedigende Lösungen und so wurde eher ein Flackern in Kauf genommen, als eine unrealistische Unschärfe und Verwischung des Bildes.

Ein weiteres Problem war ein *Bug* im Autodesk 3D-Studio. Dieser bewirkte, daß Licht durch die Schnittfläche zweier Objekte fiel. Durch Einstellungen an den Lichtquellen konnte dieses Problem umgangen werden. Leider besteht Autodesk 3D-Studio darauf, alle Lichtquellen im RAM behalten zu müssen, was insbesondere für die Animation des Ausstellungsraumes ein Problem war, da hier mehr als 12 Lichtquellen benutzt wurden. Teilweise mußte dazu die Größe der *Shadow Maps* verkleinert werden, was sich durch ungenauere Schattenwürfe niederschlug.

9.2 Persönliche Wertung

Zusammenfassend kann man sagen, daß das Projekt als Erfolg zu werten ist. Dafür spricht besonders die Tatsache, daß das *Master Tape* des Videos von der BUGA GmbH unerwarteter Weise für eine erste Werbecampagne eingesetzt wird, was nie Ziel der Animation war.

Ich persönlich habe den Umgang mit Alias|*wavefront* in Grundzügen erlernt und den kompletten Zyklus der Erstellung einer Animation erlebt. Die Aufgabe gestaltete sich als so komplex und interessant, wie ich mir das vorgestellt hatte. Besonders interessant war für mich die Planungsphase, in der besonders viel Kreativität gefordert war.

In der Postproduktionsphase wurde schließlich das Ergebnis monatelanger Arbeit sichtbar und fühlbar. Zwar erwies sich die digitale Postproduktion als wenig abwechslungsreich, doch wurde hier nur eine geringe Menge der Möglichkeiten, die die Postproduktion bietet ausgenutzt. Eine Kombination aus realen Bildern und Computergraphik stelle ich mir da besonders interessant vor.

Die Zeitplanung war zwar, vielleicht aus Unerfahrenheit der Beteiligten, nicht gerade gelungen, doch alles in allem wurde das Ergebnis termingerecht abgeliefert.

Wenn ich jetzt von Videos in der Qualität von *Independence Day* oder *Jurassic Park* als nächste Aufgabe träume, ist das vielleicht etwas hoch gesteckt, doch interessieren würde mich etwas derartiges schon. Und wenn es nur ein paar Sequenzen in der Qualität einer TV-Serie wie *XENA: Warrior Princess* sind, möchte ich doch gerne in dieser Richtung weiterarbeiten.

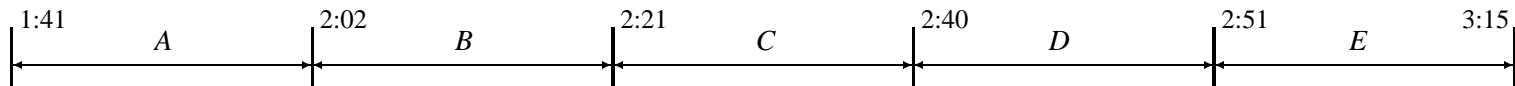
Literatur

- [Ali94] Alias Research. *Alias 5.0 Essentials*. Handbücher. Alias Research Inc., 1994.
- [Ali96] Alias Research. *Alias Menu Book*. Handbücher. Alias Research Inc., 1996.
- [Bru93] Ralf Brugger. *3D-Computergraphik und -animation. Mit einer Beschreibung des Autodesk 3D Studio*. Addison-Wesley, 1993.
- [Bru95] Ralf Brugger. *Professionelle Bildgestaltung in der 3D-Computergrafik*. Addison-Wesley, Bonn, Paris, 1. Auflage, 1995.
- [FvDFH90] James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner und John F. Hughes. *Computer Graphics: Principles and Practice*. Addison-Wesley, 2. Auflage, 1990.
- [Hop94] Axel Hoppe. *Rechnergenerierte Inszenierung von Animationen*. Diplomarbeit, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Institut für Simulation und Graphik, Magdeburg, September 1994.
- [Imm95] Christian Immler. *Autodesk 3D Studio. Version 4*. Profi Know-how. Data Becker, Düsseldorf, 1. Auflage, 1995.
- [LMS91] Wolfgang Leister, Heinrich Müller und Achim Stöber. *Fotorealistische Computeranimation*. Springer Verlag Heidelberg, 1991.

A Anlagen

A.1 Das geplante Storyboard

Folgende Einteilung wurde festgelegt:



Länge: 21s	Länge: 19s	Länge: 19s	Länge: 11s	Länge: 24s
nach Streicher-Akkord schwere, tiefe Musik, ein anderes Thema, Streichinstrumente	Streicher verstummen, eine Flöte, begleitet von Harfenzupfen ertönt; die Instrumente vermitteln einen Eindruck von Leichtigkeit und Aufstreben	Harfe und Flöte verstummen, alle Streicher (Violinen) füllen beschwingt die Musik aus	verstummen, nur die Flöte ist zu vernehmen die Flöte wird ergänzt von einer Harfe, beide Instrumente bereiten langsam den Übergang zum Hauptthema vor
nach hartem Schnitt Kamerafahrt im Erdgeschoß des Turmes; die Konstruktion wird gezeigt; ein Blick nach oben vermittelt den Eindruck von Größe; die Beleuchtung ist spärlich, bronzefarben	nach hartem Schnitt schnelle Kamerafahrt die Treppe hinauf; warme, helle Beleuchtung	starkes Sonnenlicht! Weitausholende, beschwingte Bewegungen; Kamerafahrt von des Turmes Spitze die Rampe hinab zur oberen Ebene; das Objektiv streicht dabei über Außenkonstruktion	nach Überblenden federleichter Fall im Inneren des Turmes	weiche Blende; langsame Kamerafahrt in einem geschlossenen Raume des Turmes; Ausstellungsgegenstände werden gezeigt; durch ein Fenster fällt Licht
Alias wavefront Modell	- 3D Studio Modell 1	3D Studio Modell 1	Alias wavefront Modell	- 3D Studio Modell 2