



Fachhochschule Köln
University of Applied Sciences
Cologne

Fachhochschule Köln
University of Applied Sciences Cologne
Campus Gummersbach

Fachbereich Informatik
Studiengang Medieninformatik

Bachelorarbeit

Photorealistic Exterior Design

-

Wie erstellt man fotorealistische Außenbereiche
mit Hilfe der 3D Software Maya ?

von Florian Gebauer

Matr.-Nr.: 11048082

Erstprüfer: Prof. Dr. Horst Stenzel

Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. nat. Wolfgang Konen

Gummersbach, im Februar 2009

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Beschreibung der Arbeit.....	3
	2.1 Themenstellung.....	3
	2.2 Anforderungen an die Arbeit.....	3
	2.3 Aufbau der Arbeit.....	4
3	Grundlagen.....	5
	3.1 Der Begriff Fotorealismus.....	5
	3.2 Das Programm Autodesk Maya.....	7
4	Modellierung.....	8
	4.1 Grundlagen der Modellierung.....	8
	4.1.1 Polygone.....	9
	4.1.2 NURBS.....	9
	4.1.3 Subdivision Surfaces.....	10
	4.2 Modellierung des Geländes.....	11
	4.2.1 Anforderungen an das Gelände.....	11
	4.2.2 Verwendete Ansätze und Techniken.....	11
	4.2.3 Umsetzung der Techniken in Maya.....	12
	4.2.4 Abgleich mit den Anforderungen.....	14
	4.3 Reproduktion von Gras.....	15
	4.3.1 Eigenschaften von Gras.....	15
	4.3.2 Maya Paint Effects.....	16
	4.3.3 Maya Fur.....	17
	4.3.4 Umsetzung der Techniken in Maya.....	18
	4.3.5. Vergleich Paint Effects / Fur.....	22
	4.3.6 Abgleich mit den Anforderungen.....	23
	4.4 Reproduktion von Bäumen.....	23
	4.4.1 Eigenschaften von Bäumen.....	23
	4.4.2 Umsetzung der Techniken in Maya.....	24
	4.4.3 Bild-basierte Pflanzenmodellierung.....	27
	4.4.4 Vergleich Paint Effects / Bild-basierte Modellierung.....	30
	4.4.5 Abgleich mit den Anforderungen.....	31
5	Beleuchtung	32
	5.1 Einführung in die Beleuchtung.....	32
	5.2 Anforderungen an die Beleuchtung.....	33
	5.3 Lichtquellen.....	33
	5.3.1 Vergleich der Lichtquellen.....	34

5.3.2 Schatten.....	36
5.3.3 Vergleich der Schattenarten.....	36
5.3.4 Abgleich mit den Anforderungen.....	38
5.4 Lokale Beleuchtungsmodelle.....	39
5.4.1 Lambert Beleuchtungsmodell.....	39
5.4.2 Phong Beleuchtungsmodell.....	40
5.5 Globale Beleuchtungsmodelle.....	41
5.5.1 Anforderungen an die globale Beleuchtung.....	41
5.5.2 Raytracing.....	41
5.5.3 Photon Mapping.....	44
5.5.4 Image Based Lighting.....	45
5.5.5 Mental Ray Physical Sun and Sky.....	47
5.5.6 Abgleich der Anforderungen.....	49
6 Texturierung und Shading.....	51
6.1 Grundlagen der Texturierung.....	51
6.2 Mapping Verfahren.....	52
6.2.1 Texture Mapping.....	52
6.2.2 Bump Mapping.....	54
6.2.3 Displacement Mapping.....	55
6.2.4 Environment Mapping.....	56
6.3 Shading.....	57
6.3.1 Grundlagen des Shadings.....	57
6.3.2 Erstellung eines Holz-Shaders in Maya.....	59
6.4 Texturierung des Geländes.....	60
6.4.1 Anforderungen an die Oberfläche.....	60
6.4.2 Umsetzung der Techniken in Maya.....	61
6.5 Reproduktion von Wasser.....	64
6.5.1 Eigenschaften von Wasser.....	64
6.5.2 Maya Fluids.....	65
6.5.3 Umsetzung der Techniken in Maya.....	66
6.5.4 Abgleich mit den Anforderungen.....	69
6.6 Reproduktion von Wolken.....	69
6.6.1 Eigenschaften von Wolken.....	69
6.6.2 Reproduktion in Maya.....	70
6.6.3 Abgleich mit den Anforderungen.....	71
7 Rendering.....	72
7.1 Der Renderingprozess.....	72
7.2 Optimierung der Szene.....	73

7.3 Anforderungen an den Renderer.....	74
7.3.1 Gegenüberstellung von Mental Ray und Maya Software.....	75
7.4 Rendering Einstellungen.....	75
8 Finale Renderings.....	78
9 Schlussfolgerung.....	80
9.1 Fazit.....	80
Literaturverzeichnis.....	83

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit richtet sich an alle, die sich mit 3D Modellierung im Allgemeinen und für die Gestaltung von Außenbereichen im dreidimensionalen Raum interessieren.

Diese Arbeit beschreibt den Prozess der Erstellung einer virtuellen Szene. Angefangen bei der Modellierung des Geländes und der Vegetation, wird später auch auf die Erstellung komplexerer Materialien wie Wasser oder Wolken eingegangen. Es werden die Anforderungen für die fotorealistische Reproduktion festgelegt und in Maya verschiedene Techniken, die zu diesem Ziel führen miteinander verglichen. Des Weiteren werden neben der Modellierung und Texturierung auch unterschiedliche Beleuchtungsarten hinsichtlich der Eignung auf Fotorealismus untersucht. Letztlich wird noch ein genauer Blick auf den Renderingprozess und verschiedene Renderingeffekte geworfen.

Die vorliegende Arbeit baut auf das Praxisprojekt „Erstellung eines realistischen 3D Modells der Fachhochschule unter Verwendung von Autodesk Maya“ auf. Bereits gesammelte Erfahrungen und Ergebnisse fließen in die vorliegende Arbeit ein.

Abstract

The present assignment is addressed to all who are interested in 3D Modelling in general and in designing outskirts areas in three-dimensional space.

It describes the process of creating a virtual scene, beginning with the modelling of terrain and vegetation, leading to the creation of complex materials like water and clouds. Starting with the requirements, several techniques will be taken into account and analyzed to define which are best for photorealistic rendering. Furthermore, besides modelling and texturing, several lighting techniques will be compared with each other. Finally, the rendering process and different rendering effects will be looked at in detail.

This assignment is based on the „Praxisprojekt“ „Erstellung eines realistischen 3D Modells der Fachhochschule unter Verwendung von Autodesk Maya“. Gained experiences and results are used in the task.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Fotorealismus in der Kunst.....	14
Abbildung 2: Fotorealismus in der Computergrafik.....	15
Abbildung 3: Mit Maya erstellte Figuren in Kinofilmen.....	16
Abbildung 4: Modelling Verfahren.....	17
Abbildung 5: Anatomie einer NURBS-Kurve.....	19
Abbildung 6: (links) modelliertes Gebirge, (rechts) Shading Netzwerk.....	21
Abbildung 7: (links) modelliertes ohne und (rechts) mit „smooth“.....	23
Abbildung 8: Foto: Gras.....	24
Abbildung 9: Unterschiedlicher Schattenwurf einer Grasfläche.....	25
Abbildung 10: Beispielszene mit „Paint Effects“.....	26
Abbildung 11: (oben) Fur Kugeln, (unten) bearbeitete Fur Kugeln	27
Abbildung 12: (links) standard Farben, (rechts) angepasste Farben.....	28
Abbildung 13: Maya Paint Effects Gras, Final Rendering.....	29
Abbildung 14: Maya Fur Voreinstellungen für Gras.....	30
Abbildung 15: (links) Maya Software Rendering, (rechts) Mental Ray Rendering.....	31
Abbildung 16: Foto: Baum.....	33
Abbildung 17: Maya Paint Effects Eiche.....	34
Abbildung 18: Maya Paint Effects Eiche, Maya Software Rendering.....	35
Abbildung 19: Maya Paint Effects Eiche, Mental Ray Rendering.....	35
Abbildung 20: (links) Ursprungsfotos, (rechts) erzeugte Punktwolke.....	37
Abbildung 21: (links) Rekonstruierte sichtbare Zweige, (rechts) Erzeugte nicht sichtbare Zweige.....	38
Abbildung 22: (links) Blattrekonstruktion,(rechts) texturiertes 3D Modell	38
Abbildung 23: Vergleich zwischen echtem (links) und nachgebildetem Baum (rechts).....	40
Abbildung 24: (links) Ambiente Lichtquelle, (rechts) Punktlichtquelle.....	43
Abbildung 25: (links) Spotlichtquelle. (rechts) Flächenlichtquelle.....	44
Abbildung 26: Richtungslichtquelle.....	45
Abbildung 27: Scharfer Schattenverlauf: (links) DMS - 2sec. (rechts) RTS - 47sec.....	46
Abbildung 28: Weicher Schattenverlauf: (links) DMS - 4sec. (rechts) RTS - 58sec.....	46
Abbildung 29: PaintEffects Modell: (links) DMS - 12sec. (rechts) RTS - 14sec.....	47
Abbildung 30: Transparente Schatten: (links) DMS - 20sec. (rechts) RTS - 18sec.....	47
Abbildung 31: Lambert Material in Maya, diffuse Oberfläche.....	49
Abbildung 32: Phong Material in Maya, Glanzlichter.....	50
Abbildung 33: (links) Lichtbrechungsindex von '1.0'. (rechts) Lichtbrechungsindex von '1.6'.....	51
Abbildung 34: (links) Anzahl Spiegelungen: '0'. (rechts) Anzahl Spiegelungen: '2'.....	52
Abbildung 35: Prinzip des rekursiven Raytracings.....	53

Abbildung 36: (links) klassisches Raytracing, (rechts) Photon Mapping.....	54
Abbildung 37: Belichtungsreihe aus mehreren "LDR" Bildern.....	56
Abbildung 38: Baumszene aus Kapitel 4.4.1 mit „Image Based Lighting“.	56
Abbildung 39: „PSAS“ Szene bei unterschiedlicher „Tageszeit“	58
Abbildung 40: „PSAS“ Baumszene bei unterschiedlicher „Tageszeit“	59
Abbildung 41: Zweidimensionales „Texture Mapping“	62
Abbildung 42: Texture Mapping: vor (links) und nach (rechts) Anwendung von Zylinder-, Kugel-, und Box-Mapping.....	62
Abbildung 43: Funktionsweise des Bump Mappings.....	63
Abbildung 44: Beispielszene ohne (links) und mit (rechts) Bump Mapping.....	63
Abbildung 45: Beispielszene ohne (links) und mit (rechts) Displacement Mapping.....	64
Abbildung 46: Beispielszene ohne (links) und mit (rechts) Environmental Mapping.....	65
Abbildung 47: Von links nach rechts: Flat Shading, Gouraud Shading, Phong Shading.....	67
Abbildung 48: (links) Rendering Holz, (rechts) verwendete Einstellungen	68
Abbildung 49: (links) Finales Rendering Holz, (rechts) verwendete Einstellungen.....	69
Abbildung 50: (links) modelliertes Terrain, (rechts) mit „3D Paint Tool“ markierter Bereich	70
Abbildung 51: Texturiertes Gelände in der Rohfassung.....	71
Abbildung 52: Shading Netzwerk des Geländes.....	72
Abbildung 53: Fertig texturiertes Gelände.....	72
Abbildung 54: Wasser in der Aggertalsperre.....	73
Abbildung 55: Maya Fluid Effekte:(links) Flamme, (rechts) Rauch	74
Abbildung 56: (links) Maya Fluids Gebirge, (rechts) stürmischer Ozean...75	
Abbildung 57: Mia Material Wasser Voreinstellungen.....	76
Abbildung 58: Mia Material Wasser mit angepassten Werten.....	77
Abbildung 59: (links) Wolken, (rechts) Schattenwurf von Wolken.....	79
Abbildung 60: (links) Fluid Container ohne und (rechts) mit Modifizierung der Deckkraft.....	79
Abbildung 61: Vergleich zwischen echten (links) und nachgebildeten Wolken (rechts).....	80
Abbildung 62: Rendering Pipeline eines Raytracers.....	81
Abbildung 63: Optimierungsoptionen im Überblick.....	82
Abbildung 64: Mental Ray Voreinstellungen.....	85
Abbildung 65: Antialiasing am Beispiel einer Teekanne.....	86
Abbildung 66: Finales Rendering - Mittags.....	87
Abbildung 67: Finales Rendering - Nachmittags.....	88
Abbildung 68: Finales Rendering - Sonnenuntergang.....	88

1 Einleitung

Die technische Weiterentwicklung der heutigen Zeit ermöglicht immer aufwändigere und detailliertere Simulationen realer Abläufe in einer virtuellen Welt. Die Begeisterung für neue Generationen fotorealistischer Computerspiele oder die Umsetzung aufwändiger Szenen in Kinofilmen werden erst durch den Einsatz real wirkender Außenbereiche ermöglicht. Um ein Höchstmaß an Qualität zu gewährleisten ist es notwendig die Natur in ihrer ganzen Komplexität virtuell darzustellen.

Die Nachempfindung der Eigenschaften der Natur in computergenerierte Bilder stellt daher eine außerordentliche Herausforderung dar. Das menschliche Auge nimmt in der realen Welt eine Vielzahl an Informationen auf, die nicht bewusst bis in jedes Detail wahrgenommen werden. Diese Details müssen im 3D Design umgesetzt werden, um überzeugende, fotorealistische Bilder zu erzeugen. Diese Eigenschaften stellen demnach für die 3D Reproduktion eines Außenbereichs hohe Anforderungen an die Detailgenauigkeit der modellierten Geometrie und der Texturinformation. Bereits kleine Abweichungen des gerenderten Bildes werden vom Betrachter erkannt. Bei computergenerierten Bildern fallen oft Abweichungen oder Fehler auf, welche im ersten Moment nicht genau beschrieben werden können. Es ist jedoch genau definierbar, was an diesem Bild realistisch aussieht und was nicht.

Gesteigerte Rechnerleistung und stetige Weiterentwicklung der 3D Visualisierungssoftware und der verwendeten Renderer ermöglichen fotorealistische Ergebnisse. Heutzutage ist es möglich, selbst schwer zu simulierende Phänomene wie Kaustiken¹ realistisch zu erzeugen. Die technische Möglichkeit allein ist aber nicht ausreichend. Um Vorgänge der Natur wiederzugeben, müssen diese in ihrem Entstehen verstanden werden. Das Licht, welches in seiner Art mit Materialien auf eine jeweils andere Art reagiert oder das Verstehen der Funktionsweise eines

¹ „Bei einem optischen System die einhüllende Fläche derjenigen Punkte, in denen sich die Bildstrahlen eines parallel einfallenden Lichtbündels schneiden“. [BHA02]

Shaders² ist das fundamentale Basiswissen einer fotorealen Reproduktion. Diese Arbeit soll einen genauen Überblick über die Möglichkeiten, Schwierigkeiten und Besonderheiten dieses Produktionsprozesses geben und Lösungsvorschläge anbieten.

² Vgl. Kapitel 6.3 Shading

2 Beschreibung der Arbeit

Dieses Kapitel beschreibt die genaue Themenstellung der vorliegenden Arbeit und legt somit den Grundstein für die Struktur und ihren Inhalt. Danach werden die Anforderungen an die Arbeit geklärt und letztlich der Aufbau im Detail erläutert. Das Kapitel hat als Ziel, den Leser in das Thema einzuführen.

2.1 Themenstellung

Die vorliegende Arbeit baut auf das Praxisprojekt „Erstellung eines realistischen 3D Modells der Fachhochschule unter Verwendung von Autodesk Maya“ auf. Ziel des Praxisprojektes war es, ein realistisches Modell der Fachhochschule Köln, Campus Gummersbach zu entwickeln.

Aufbauend auf den Erkenntnissen und Ergebnissen des Praxisprojektes soll eine 3D Szene eines Außenbereichs erstellt werden und anhand dessen, die verschiedenen Möglichkeiten aufgezeigt werden, ein fotorealistisches Rendering zu erreichen. Die Szene soll einen kleinen See mit angrenzender Landschaft zeigen. Zur Erfüllung dieser Aufgabe wird die Szene mit der 3D Visualisierungssoftware „Maya“ [MAY06] der Firma Autodesk gestaltet.

2.2 Anforderungen an die Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, Produktionsprozesse des „Photorealistic Exterior“ Designs im Hinblick auf die Erstellung einer virtuellen Außenszene zu beschreiben. Jeder dieser Prozesse beinhaltet Problemstellungen, welche beschrieben und gelöst werden. Vorgänge der Natur werden beobachtet, analysiert und auf die Möglichkeit der Reproduktion in 3D – Applikationen untersucht. Diese Kenntnisse werden in einer praktischen Arbeit bei der Erschaffung einer virtuellen Szene, bestehend aus einem kleinen Teich und der umgebenden Vegetation, angewendet.

Vorgänge des Erstellens der Szene werden im Detail beschrieben und mit Bildern versehen. Da sich meistens mehrere Möglichkeiten bieten das gewünschte Ziel zu erreichen, werden die verschiedenen Techniken miteinander verglichen und aufgezeigt, welche Vor- und Nachteile sie jeweils bieten.

2.3 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau dieser Arbeit beginnt mit einer Einführung zum Thema Fotorealismus. In Kapitel 2.1 wird die genaue Themenstellung erläutert, welche die Vorgehensweise bei der Erstellung des fotorealistischen Außenbereichs beinhaltet. In Kapitel 2.2 werden die Anforderungen für eine erfolgreiche Erfüllung der Aufgabe festgelegt. Kapitel 2.3 erläutert den Aufbau und die Strukturierung der Arbeit.

In Kapitel 4.1 werden die wichtigsten Modelling-Verfahren vorgestellt. Anhand von Polygon-Modelling erfolgt in Kapitel 4.2 die Modellierung des Geländes. Kapitel 4.3 und 4.4 erklären anhand verschiedener Ansätze die Modellierung der Vegetation an den Beispielen von Gras und Bäumen.

Nachdem die Modellierung der Szene in Kapitel 4 behandelt wurde, beschreibt Kapitel 5 die Beleuchtung der Szene. Nach einer kurzen Einführung in Kapitel 5.1, werden die Anforderungen an die Beleuchtung in Kapitel 5.2 festgelegt. Es folgt in Kapitel 5.3 eine Gegenüberstellung verschiedener Lichtquellen. Kapitel 5.4 führt den Begriff der lokalen Beleuchtungsmodelle ein und zeigt, wie diese in Maya Verwendung finden. Aufbauend auf den lokalen Beleuchtungsmodellen behandelt Kapitel 5.5 die globalen Beleuchtungsmodelle. Es werden die Anforderungen an die globale Beleuchtung festgehalten und mehrere Verfahren miteinander verglichen. Diese werden erst theoretisch behandelt und dann anhand einer Beispielszene in Maya eingesetzt.

Kapitel 6 behandelt die Texturierung des Geländes und die Erstellung komplexer Materialien. In Kapitel 6.2 werden unterschiedliche Mapping Techniken erklärt. Der Einsatz wird anhand von Beispielen in Maya

verdeutlicht. Das in Kapitel 4.2 erstellte Gelände wird anschließend in Kapitel 6.4 texturiert. Danach erfolgt in Kapitel 6.5 und 6.6 die Reproduktion von Wasser und Wolken.

In Kapitel 7 wird der Renderingprozess behandelt. Nach einer kurzen Einführung in Kapitel 7.1 wird in Kapitel 7.2 auf die Optimierung der Szene eingegangen. Hiernach erfolgt in Kapitel 7.3 ein Vergleich der zur Verfügung stehenden Renderer. Kapitel 7.4 behandelt abschließend die gewählten Rendereinstellungen und geht dabei auf Besonderheiten und Optimierungen ein. Kapitel 8 beinhaltet die fertigen Renderings und eine Beschreibung der Szene.

Im letzten Kapitel 9.1 wird ein Fazit der gesamten Arbeit gegeben.

3 Grundlagen

Dieses Kapitel soll den Begriff Fotorealismus erklären und dem Leser dabei helfen, diesen Begriff für die vorliegende Arbeit richtig einzuordnen. Es wird kurz auf die Geschichte des Fotorealismus eingegangen und dessen Bedeutung am Beispiel der Computerspiel - Industrie erklärt. Abschließend erfolgt eine kurze Beschreibung für die verwendete Animationssoftware Maya.

3.1 Der Begriff Fotorealismus

Der ursprüngliche Begriff des Fotorealismus entstand in den späten 60er Jahren und beschreibt „eine Richtung der zeitgenössischen Kunst, für die eine reproduzierende Darstellung, die sich unmittelbar einer fotografischen Vorlage bedient, charakteristisch ist [BHA02“]. Die Motivation eines Fotorealisten bestand darin, immer realistischere Bilder zu Malen. Als Vorlagen dienten den Künstlern meist ein Diapositiv³ mit alltäglichen Motiven aus ihrer Umwelt.



Abbildung 1: Fotorealismus in der Kunst [FOT]

³Ein Diapositiv oder Diafilm bezeichnet einen fotografischen Film, der Farben in seiner natürlichen Ansicht zeigt.

In der Computergrafik kommt dem Begriff des Fotorealismus jedoch eine andere Bedeutung zu. Wo in der Kunst ein Foto als Vorbild dient, nimmt in der Computergrafik die Realität diese Rolle an. Mit anderen Worten: Fotorealismus in der Computergrafik ist die möglichst detailgetreue Nachbildung der Realität unter Einhaltung ihrer physikalischen Gesetze und Effekte.



Abbildung 2: Fotorealismus in der Computergrafik [WIT]

Vor allem in der Computerspiel-Industrie nimmt der Fotorealismus eine immer größer werdende Rolle ein. Durch die Weiterentwicklung von Algorithmen, Vertex⁴- & Pixelshadern⁵, Graphics Processing Unit (GPU) Leistung und der verwendeten Modelling-Tools, wurde seit Beginn der 90er Jahre eine enorme Qualitätssteigerung erreicht. Die Gründe für diese Entwicklung sind bei der Wahrnehmung des Menschen zu suchen: Die visuelle Perzeption ist der wichtigste Sinn des Menschen. Daraus folgt,

⁴ Programme, die von der GPU ausgeführt werden. Sie haben die Aufgabe, die Geometrie der Szene zu manipulieren.[VXS]

⁵ Programme, die von der GPU ausgeführt werden. Sie haben die Aufgabe, die zu rendernde Fragmente zu verändern.[PXS]

dass Grafik die wichtigste Komponente der Immersion⁶ darstellt. Für die Computerspiel-Industrie ist Grafik somit das offensichtlichste Verkaufsargument.

3.2 Das Programm Autodesk Maya

Das Programm Maya der Firma Autodesk ist eine professionelle und sehr verbreitete 3D-Visualisierungs- und Animationssoftware. Die aktuelle Version ist Maya 2009 (Erscheinungstermin August 2008). Maya setzt auf eine offene Architektur, welche es dem Benutzer erlaubt, das Programm auf seine Bedürfnisse anzupassen. Es ist modular aufgebaut, so dass sich unterschiedliche Programmpakete ein- und ausschalten lassen. Zum Beispiel lassen sich mit „Maya Fur“ Haarflächen, Fell und Gras simulieren oder mit *Maya* „nCloth“ Kleidungsstücke oder Stoffstücke simulieren. Bekannte Beispiele aus der Unterhaltungsindustrie, welche mit Hilfe von Maya entwickelt wurden, sind Filme wie „Shrek“, „der Herr der Ringe“ oder „Fluch der Karibik“ (Abbildung 3). [AUT]



Abbildung 3 : Mit Maya erstellte Figuren in Kinofilmen: (links) „Davy Jones“ aus „Fluch der Karibik“, (rechts) „Gollum“ aus „der Herr der Ringe“. [WAB]

⁶ Der Begriff Immersion beschreibt im Kontext der virtuellen Realität das Eintauchen in eine künstliche Welt. [IMM]

4 Modellierung

Nachdem grundlegende Begriffe und Erläuterungen in Bezug auf Fotorealismus beschrieben wurden, wird in diesem Kapitel detailliert auf die Modellierung der Szene eingegangen. Die Modellierung stellt dabei den ersten Schritt in Richtung eines fotorealistischen Außenbereichs dar. Zu Beginn des Kapitels werden grundlegende Begriffe wie Polygone und NURBS⁷ erklärt und deren Relevanz hinsichtlich der Modellierung verdeutlicht. Danach wird die Erschaffung der einzelnen Objekte der Szene wie Bäume, Gras und Gelände detailliert beschrieben und aufgezeigt welche Möglichkeiten der Modellierung sich anbieten.

4.1 Grundlagen der Modellierung

Unter dem Begriff Modellierung versteht man den Vorgang des Formens und Gestaltens. Maya bietet hierfür drei Modellierungstechniken an: das NURBS-Modelling, das Polygon-Modelling und das Subdivision-Modelling (Abbildung 4).

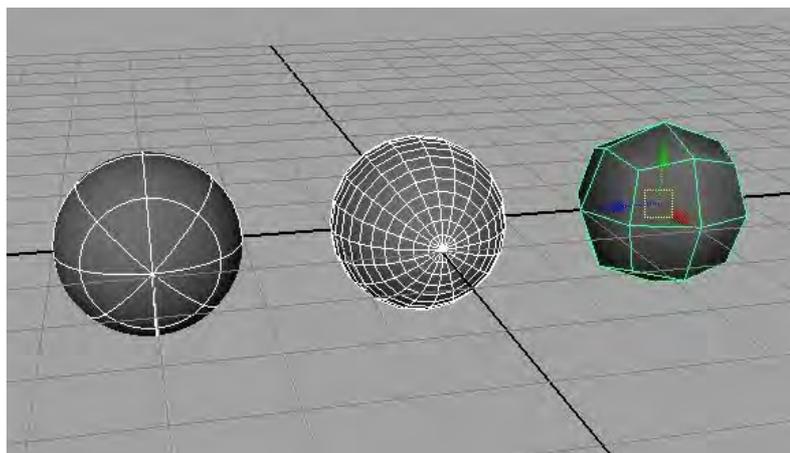


Abbildung 4 Erzeugte Kugeln mit NURBS-Modelling, Polygon-Modelling und Subdivision-Modelling.

⁷ „Non Uniform Rational B-Splines“, Vgl Kapitel 4.1.2

Je nach Aufgabenstellung und Anforderung eines Projektes sollte sich für eine dieser drei Modellierungstechniken entschieden werden. Hierbei gilt es, sich die jeweiligen Vorteile der einzelnen Techniken zu Nutze zu machen. Es folgt nun eine kurze Beschreibung der einzelnen Modellierungstechniken.

4.1.1 Polygone

'Polygone' sind Vielecke. „Sie sind durch eine Gruppe geordneter Polygonpunkte, sogenannter Vertices, und zum anderen durch ihre Kanten, die Edges, die die Vertices verbinden, gekennzeichnet“ [MAY07, S. 154]. Eine Polygonfläche kann minimal durch drei Punkte erzeugt werden, an denen sich die Fläche aufspannt. In diesem Fall spricht man von einer triangularen Form. Bei vier Eckpunkten spricht man hingegen von Quads. Bei der Modellierung bieten sich quadratische Flächenstücke eher an, da sie einen besseren Überblick über die Geometrie geben und einfacher zu handhaben sind. Im Gegensatz zu NURBS werden Polygone nur linear interpoliert, sie stellen eine lineare Verbindung der einzelnen Punkte dar. Um weiche Rundungen mit Polygonen zu erhalten, müssen entsprechend viele Unterteilungen vorgenommen werden. Polygon-Modelling bietet sich vor allem für architektonische Darstellungen an (Vgl. [PRP]).

4.1.2 NURBS

Non Uniform Rational B-Splines werden kurz NURBS genannt. NURBS werden durch ihren Grad, ihre Kontrollpunkte und ihren Kontrollvektor definiert. Durch Interpolationsfunktionen werden Kurven beschrieben, die durch gegebene Punkte führen [ECG96, S. 102]. Der Vorteil, den NURBS bieten, ist, dass man mit nur wenigen Punkten weiche Kurvenzüge erhalten kann. Nachteilig wirkt sich aus, dass für eine feine Unterteilung

jeweils immer Isoparms⁸ eingefügt werden müssen. Diese Isoparms ziehen sich über das gesamte Modell und bringen hohe Unterteilungen auch dort, wo sie nicht gebraucht werden. Hauptsächlich finden NURBS in der computergestützten Konstruktion (CAD) Verwendung. In der 3D - Modellierung bieten sich NURBS immer dann an, wenn man es mit organischen Objekten mit weichen Oberflächen zu tun hat.

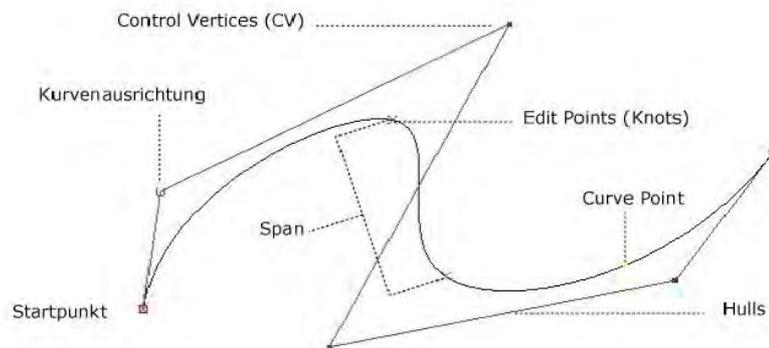


Abbildung 5 Anatomie einer NURBS-Kurve [DMA]

4.1.3 Subdivision Surfaces

Ein Subdivision Surface beschreibt „eine iterative Methode zur Erzeugung glatter Oberflächen aus groben vorgegebenen „Kontroll-Meshes“⁹ [MAY07]. Subdivision Surfaces vereinigen die Vorteile von Polygon- und NURBS-Modelling. Wie NURBS-Modelle, werden sie weich interpoliert, können aber auch wie Polygon-Modelle partiell verfeinert werden. Subdivision Surfaces vereinigen also die Vorteile von NURBS und Polygonen und umgehen weitestgehend ihre Nachteile. Organische Formen können demnach sehr gut mittels Subdivision Surfaces modelliert werden. Technische Körper hingegen, die ein Höchstmaß an Präzision

⁸ Isoparms sind strebenartige in U- oder V-Richtung gerichtete Komponenten einer NURBS Fläche.

⁹ „Meshing bezeichnet eine Gruppe von Verfahren in der Computergrafik. Hierbei wird eine z. B. mathematisch gegebene Oberfläche durch eine Menge kleinerer, meist ebener Elemente angenähert (approximiert). Am häufigsten kommen hier Dreiecks- oder Viereckselemente zur Anwendung.“ [MES]

erfordern, werden in der Regel weiterhin über NURBS oder Polygone erzeugt.

4.2 Modellierung des Geländes

Dieses Kapitel beschreibt die Modellierung des Geländes. Zu Beginn werden die Anforderungen an die Modellierung festgelegt. Danach erfolgt die Umsetzung zweier Ansätze in Maya, welche detailliert beschrieben werden. Zum Abschluss wird das Ergebnis mit den Anforderungen abgeglichen.

4.2.1 Anforderungen an das Gelände

In der Natur finden sich eine Vielzahl von unterschiedlichen Geländearten wieder. Die Geometrie dieses Geländes gilt es so detailliert wie möglich nachzumodellieren. Abhängig von der Art des Geländes ergeben sich typische Charakteristika, die es zu berücksichtigen gilt. Zum Beispiel befinden sich Seen und Flüsse in abgesenkten Bereichen des Geländes, oder Gebirge bestehen aus vielen unterschiedlich hohen und verformten Bergen.

4.2.2 Verwendete Ansätze und Techniken

Auf der „SIGGRAPH 2004: The Elements of Nature“ stellte F. Kenton Musgrave eine Technik zur Erstellung von realistischen Gebirgen mittels Fraktalen vor [SIG04]. Dieser Ansatz wird in etwas abgeänderter Form auch in Maya eingesetzt und erklärt, wie sich damit realistische Gebirgsketten modellieren lassen. Der zweite Ansatz verfolgt das Ziel, mit einfachen Mitteln, geometrisch weniger anspruchsvolle Gelände als Gebirge zu modellieren.

4.2.3 Umsetzung der Techniken in Maya

Zur Modellierung eines Geländes (Terrain) bietet Maya dem Benutzer verschiedene Möglichkeiten an. Je nach Anforderungen und Aufgabenstellung bieten sich verschiedene Ansätze an, das Problem zu lösen. Die Basis für die Modellierung bildet für die vorgestellten Techniken immer eine NURBS- oder Polygon-Ebene. Bevor auf die Modellierung der eigentlichen Szene eingegangen wird, erfolgt ein kurzer Einblick in die Modellierung eines Gebirges nach dem Ansatz von Musgrave [SIG04]. Dieser Ansatz soll die unterschiedlichen Herangehensweisen an ein Problem bezüglich der Anforderungen verdeutlichen.

Um ein Gebirge zu modellieren, erstellt man im Hypershade-Editor¹⁰ ein „*Height-Field*“, welches als Displacement (Vgl. Kapitel 6.2.3) eine Noise¹¹ Textur erhält. Die Noise-Textur wird nun über die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten den Bedürfnissen angepasst. Das „*Height Field*“ dient dem Benutzer in diesem Fall nur als Vorschau für die Geländestruktur.

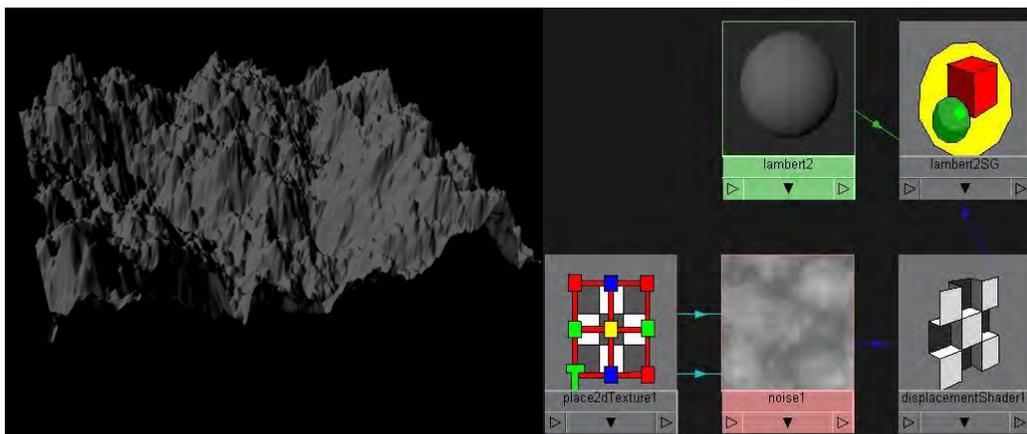


Abbildung 6 (links) modelliertes Gebirge, (rechts) Shading Netzwerk

¹⁰ Ein Fenster zum Erstellen, Editieren und Verbinden von Rendering Knoten, wie Texturen, Materialien, Lichtquellen oder Special Effects [MAD]

¹¹ Gibt eine Zufallszahl zwischen -1 und 1 gemäß eines Perlin Noise Feld Generators aus. Er bietet sich für die Erstellung prozeduraler Texturen an [ATL06]

Nun wird ein neuer Shader für das Gelände erstellt und dieser mit der erzeugten Noise Textur als Displacement verknüpft. Letztlich wird die Displacement Map über „Modify > Convert > Displacement To Polygons“ in eine Polygonfläche konvertiert (Abbildung 6). Mit Hilfe dieses Verfahrens können nicht nur Gebirge realistisch modelliert werden. Durch die komplexen Einstellungsmöglichkeiten der Noise-Textur ist es auch möglich, Strukturen wie Dünen oder Wasseroberflächen zu erzeugen.

Das Verfahren, Oberflächenstrukturen über eine Displacement Map zu erzeugen, bietet sich vor allem dann an, wenn man topografisches¹² Kartenmaterial verwenden will. So lassen sich, abhängig von der Qualität des verwendeten Kartenmaterials, realistische Höhenunterschiede darstellen.

Für die Erstellung der Szene, die einen See und die angrenzende Landschaft zeigt, ist diese Technik jedoch nur bedingt vorteilhaft. Da das Gelände nahezu flach ist und nur geringe Höhenunterschiede vorhanden sind, bietet sich die Modellierung über das „Sculpt Geometry Tool“ an. Mit diesem Werkzeug ist es möglich, über einen Pinsel die einzelnen Control Vertices¹³ (NURBS) oder Vertices (Polygone) hinein- oder herauszudrücken. Dadurch lassen sich mit einfachen Mitteln individuelle Oberflächen modellieren.

Zuerst wird eine Polygonfläche erstellt und über die „Inputs“ die Unterteilungen der Fläche („width“ und „height“) eingestellt. Eine hohe Anzahl an Unterteilungen ist wichtig, um das Gelände im Folgenden möglichst genau verformen zu können. Jetzt wird die Polygonfläche über „Polygons > Mesh > Sculpt Geometry Tool“ bearbeitet. Die Vertices werden über die Pinselspitze, welche in der Größe verstellbar ist, hinein-

¹²„Die Topografie ist ein Teilgebiet der Kartografie, die sich mit der Vermessung, Darstellung und Beschreibung der Erdoberfläche und der mit dieser fest verbundenen natürlichen und künstlichen Objekte befasst.“ [BHA02]

¹³ In der 3D-Computergrafik ist ein Vertex (Mz. Vertices) ein Eck- bzw. Scheitelpunkt eines Primitivs [MAY07]

oder herausgedrückt. Scharfe Kanten können über die „*smooth*“ oder „*relax*“ Funktion angeglichen werden. Nachdem die Fläche fertig bearbeitet ist, wird sie über „*Polygons > Mesh > Smooth*“ noch feiner unterteilt, um einen höheren Detailgrad des Geländes zu erreichen (Abbildung 7). Das Gelände ist jetzt fertig modelliert.

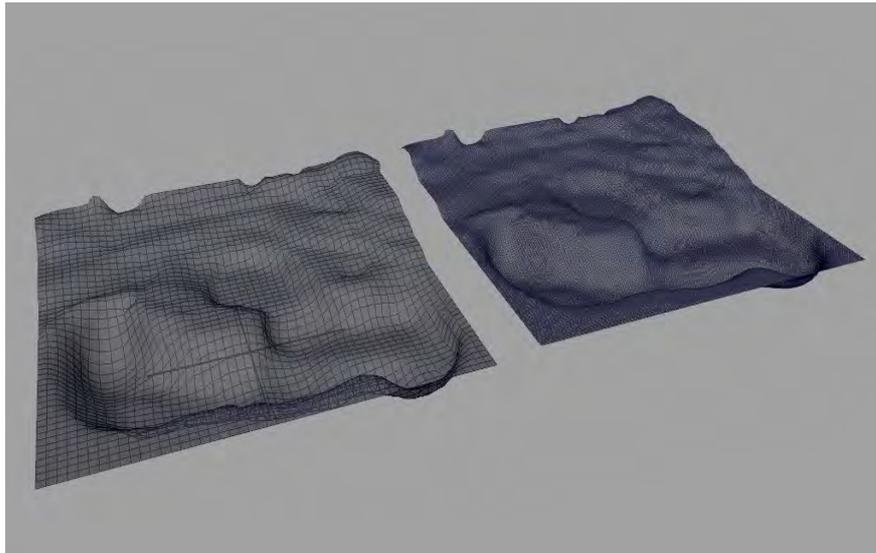


Abbildung 7 (links) modelliertes Terrain, (rechts) modelliertes Terrain mit „smooth“

4.2.4 Abgleich mit den Anforderungen

Die Modellierung eines Geländes ist ein Vorgang der maßgeblich von den Anforderungen abhängt, die das zu modellierende Gelände mit sich bringt. Abhängig von der Geländeart bieten sich manche Verfahren besser an, manche schlechter. Nach diesem Kapitel kann man festhalten, dass es kein „ultimatives“ Schema gibt, mit dem jede Geländeart effizient modelliert werden kann. Für die Erstellung eines Geländes, welches einen See und angrenzende Vegetation zeigt, bietet sich die Modellierung über das „*Sculpt Tool*“ an, wodurch man individuell auf die Anforderungen des Geländes eingehen kann.

4.3 Reproduktion von Gras

Nachdem das Gelände thematisch behandelt wurde, befasst sich dieses Kapitel mit der Modellierung von Gras. Zu Beginn des Kapitels wird ein Blick auf die Eigenschaften von Gras geworfen und damit die Anforderungen festgelegt. Danach werden die Maya Module „Paint Effects“ (PaintFX) und „Fur“ kurz erläutert. Anschließend erfolgt die Modellierung des Grasses. Abschließend werden die beiden Techniken verglichen und Vor- sowie Nachteile aufgezeigt.

4.3.1 Eigenschaften von Gras

Um realistisches Gras zu modellieren muss man verstehen, wie Gras in der Wirklichkeit aussieht (Abbildung 8).



Abbildung 8 Foto: Gras [LEF]

Betrachtet man das Bild genauer, lassen sich mehrere Charakteristika festlegen. Das Gras weist viele verschiedene Farben, Größen und Arten auf. In der Wirklichkeit tritt niemals nur eine Sorte von Gras auf. In der Grasfläche finden sich immer verschiedene Sorten Pflanzen wie Blumen, Unkraut oder abgestorbenes Gras. Um also naturgetreues Gras zu modellieren, bedarf es dem Einsatz mehrerer verschiedener Grassorten. Außerdem muss die Größe und die Farbe der einzelnen Grashalme variieren.



Abbildung 9 Unterschiedlicher Schattenwurf einer Grasfläche [CGT]

In Abbildung 9 bemerkt man außerdem die unterschiedlichen Schattenflächen: Die Spitzen der Grashalme bekommen viel Licht, wobei am Boden nur wenig Licht ankommt und uneinheitliche Schattenflächen entstehen. Jeder Grashalm wirft einen Schatten auf den Boden und zu benachbarten Grashalmen. Das Resultat ist, dass wenig Licht am Boden ankommt. Um ein fotorealistisches Rendering einer Grasfläche zu erhalten, ist es also nötig, viel Kontrast zwischen Spitze und Boden des Grases zu erzeugen.

4.3.2 Maya Paint Effects

Paint Effects ist eine Komponente von Maya, mit der man zweidimensionale Bilder oder Texturen zeichnen kann. Sie besitzen keine Geometrie aus Polygonen, NURBS oder ähnlichem, sondern bestehen aus Strichen. „Mit einfachen Pinselstrichen können komplexe Strukturen wie zum Beispiel Blumen oder Ölfarben auf einem Bild oder mit dem „*Paint 3D Tool*“ sogar auf Oberflächen einer Geometrie aufgetragen werden [MA07, S. 366].“ Maya bietet für realistische Strukturen wie Pflanzen, Haare, Feuer, Federn, Pastelle, Wasserfarben, etc. eine

Vielzahl von vorgefertigten Pinselwerkzeugen an. Diese können über den „*Paint Effects Visor*“ aufgerufen werden.

„Paint Effects werden über „Strokes“ (Striche) aufgetragen. Ein Paint Effects Stroke ist eine untergeordnete NURBS-Kurve. Die Ausrichtung der Kurve bestimmt die Form der Paint Effects Struktur, die entlang der Kurve erzeugt wird [MA07, S. 367].“ Maya Paint Effects können nicht von Mental Ray (Vgl. Kapitel 7.3) gerendert werden. Wer auf den Einsatz von Mental Ray nicht verzichten kann, muss die Paint Effects vorher in Polygone oder NURBS konvertieren.



Abbildung 10 Beispielszene mit Paint Effects

4.3.3 Maya Fur

Neben den Paint Effects bietet sich ein zweiter Ansatz für die Modellierung von Gras an: Maya Fur. Maya Fur (übersetzt: Fell) ist ein Maya Plugin zum Erstellen realistischer Felle und Haare. Neben verschiedener Voreinstellungen für Bisonfell, Labradorfell, Dreadlocks oder Punkfrisur bietet Maya Fur auch eine Einstellung für Gras an. Über das „*Paint Fur Attributes Tool*“ ist es möglich, direkt in der Szene über einen Pinsel die

Fur-Objekte individuell in Größe, Länge oder Drehung zu verändern. Szenen mit Maya Fur werden effizient vom Maya Software Renderer (Vgl. Kapitel 7.3.1) gerendert. Mental Ray unterstützt ebenfalls das Rendern von Fur-Objekten, ist jedoch aufgrund der internen Umwandlung der Fur-Objekte in eine Geometrie deutlich langsamer.

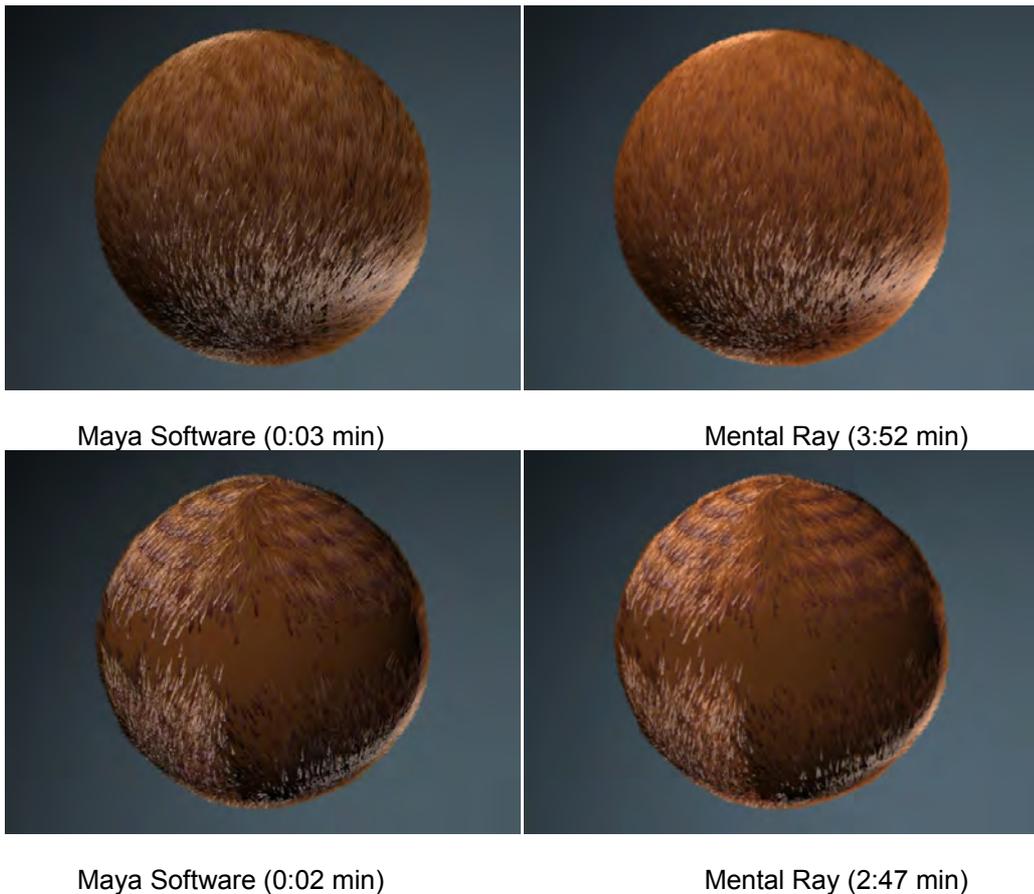


Abbildung 11 (oben) Maya Fur Kugeln, (unten) bearbeitete Maya Fur Kugeln

4.3.4 Umsetzung der Techniken in Maya

Wie bereits im Kapitel 4.3.1 „Eigenschaften von Gras“ angesprochen, geht es darum, die Charakteristika von Gras möglichst genau nachzubilden. Maya Paint Effects bieten sich für diese Aufgabe besonders gut an, da sie eine Vielzahl von Einstellungsmöglichkeiten besitzen, das Objekt den Bedürfnissen anzupassen. Die Erstellung von Gras mit Paint Effects ist ein sehr experimenteller Prozess. Durch die Vielzahl von Einstellungen muss

eine zeitintensive „Trial and Error“¹⁴ Phase durchlaufen werden, bis man mit dem Ergebnis zufrieden ist.

Um „Paint Effects“ auf das modellierte Gelände zu „malen“, muss das Gelände „*paintable*“ sein. Das bedeutet, dass die Paint Effects auf dem Drahtgitter der Polygonfläche platziert werden und nicht darunter oder darüber. Dies geschieht über „*Rendering > Paint Effects > Make Paintable*“. Zu Beginn wird nur ein kleiner Teil mit Gras „bepflanzt“. Dies geschieht, weil die Renderzeiten sonst zu hoch wären. Später können die Pinseleinstellungen dann übernommen werden (*share one Brush*) und das Gelände großflächig mit Gras besetzt werden.

Zuerst wird über den „*Paint Effects Visor*“ ein Pinsel ausgewählt und anschließend auf der Polygonfläche ein kleines Stück Gras aufgetragen. Anschließend wird die Szene gerendert (Abbildung 12). Das Ergebnis ist nicht realistisch: die einzelnen Grashalme sind zu breit und zu einheitlich. Die Form der Grashalme muss sich besser voneinander abheben und die Halme müssen in der Spitze dünner zusammenlaufen. Bevor die Form nun aber weiter bearbeitet wird, werden vorher die Farben angepasst. Dies bietet sich an, weil man an den breiten Grashalmen die veränderten Farben besser erkennen kann.

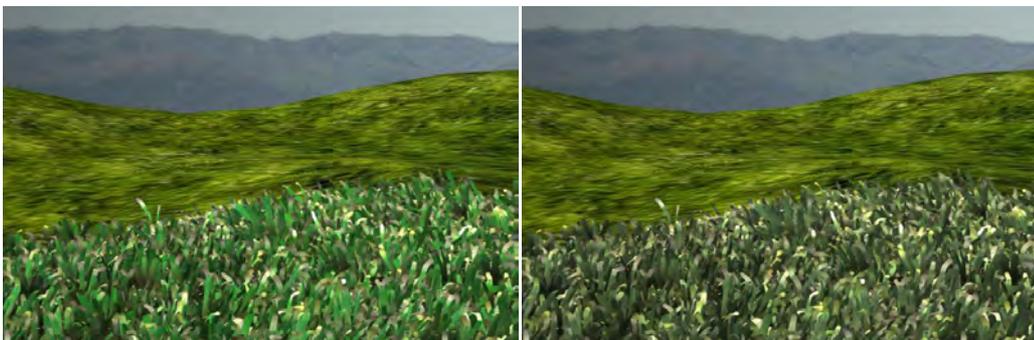


Abbildung 12 (links) Standard Farben, (rechts) angepasste Farben

¹⁴ Versuch und Irrtum ist eine heuristische Methode, um Probleme zu lösen, bei denen so lange zulässige Lösungsmöglichkeiten ausprobiert werden, bis die gewünschte Lösung gefunden wird. [BHA02]

Nun wird die Form der Grashalme überarbeitet. Angefangen von der eigentlichen Grasdicke werden darüber hinaus noch weitere Attribute der Blätter, Abzweigungen und Segmente verändert. Auf die verschiedenen Einstellungsmöglichkeiten wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, da es sich, wie schon erwähnt um einen sehr experimentellen Prozess handelt und die Attribute je nach Anforderung an das Projekt stark variieren. Über den „*Paint Effect Visor*“ wird nun die gleiche Grasart erneut ausgewählt und großflächig in der Szene aufgetragen. Über die „*Share One Brush*“ Funktion werden die Pinseleinstellungen übernommen. Dieser Prozess wird für einen zweiten Grastypen wiederholt (Abbildung 13).



Abbildung 13 Maya Paint Effects Gras – Final Rendering

Nachdem die Reproduktion von Gras mit Paint Effects bereits sehr gute Ergebnisse geliefert hat, beschreibt der zweite Ansatz die Modellierung mit Hilfe von Maya Fur. Um mit Maya Fur realistische Ergebnisse zu erzielen, bedarf es der Einhaltung derselben Kriterien wie bei der Modellierung durch Paint Effects. Zu Beginn wird die Polygonfläche ausgewählt, welche mit Gras bepflanzt werden soll. Nun wird über „*Rendering > Fur > Attach Fur Description > New*“ die Fläche mit Fur

besetzt. Das erstellte Fur wird selektiert und über „*Presets > Grass > Replace*“ die Voreinstellungen für Gras geladen.



Abbildung 14 Maya Fur Voreinstellungen für Gras

Das erste Rendering ist im Hinblick auf Fotorealismus wenig überzeugend. Die einzelnen Grashalme sind zu breit und zu einheitlich. Bevor die Form nun bearbeitet wird, werden wie bei den „Paint Effects“ zuerst die Farben angepasst. Nachdem diese auf die Szene abgestimmt sind, wird das Gras kleiner skaliert und die Grasdichte um das zehnfache erhöht. Im Gegensatz zu Paint Effects bietet Maya Fur nur eine Art von Gras an. Um trotzdem mehrere Arten von Gras zu simulieren, wird das Fur Gras mehrmals dupliziert. Durch Änderung von Farbe, Größe und Verdrehung können so verschiedene Grasarten erstellt werden. Der Nachteil gegenüber den Paint Effects besteht darin, dass keine anderen Formen erzeugt werden können. Für die Erstellung der Beispielszenen wurden drei verschiedene „Fur-Grasarten“ erstellt. Die fertig modellierte Szene wurde zum Vergleich mit Maya Software Renderer (Abbildung 15) und Mental Ray (Abbildung 16) gerendert. Maya Software Renderer braucht für die Berechnung der Szene 0:12 Minuten, Mental Ray benötigte hingegen 47:45 Minuten.



Abbildung 15 (links) Maya Software Rendering, (rechts) Mental Ray Rendering

4.3.5. Vergleich Paint Effects / Fur

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, dass es möglich ist, mit Paint Effects und Fur fotorealistische Ergebnisse von Gras zu erzielen. Dieses Kapitel soll die Vor- und Nachteile der beiden Plugins im Bezug auf die Modellierung von Gras gegenüberstellen und klären, für welche Szenen sie sich anbieten.

Maya Paint Effects bieten durch die vielen verschiedenen Arten und Einstellungsmöglichkeiten eine sehr individuelle Gestaltung der Szene. Im Gegensatz zu Maya Fur ist es mit ihnen möglich, sehr speziell auf die Anforderungen der Szene zu reagieren. Voreinstellungen für Schilf, Feldgras, Dschungelgras oder Kakteen ermöglichen die Gestaltung jedes erdenklichen Szenarios. Die vielen Einstellungsmöglichkeiten garantieren einen hohen Detailgrad des erstellten Objektes, so dass sich auch Einstellungsgrößen¹⁵ wie Großaufnahmen oder Detailaufnahmen zum Rendern eignen.

Maya Fur bietet sich dann an, wenn man große, gleichmäßige Grasflächen modellieren möchte. Zwar ist es möglich, über das „*Paint Fur Attributes Tool*“ die Grasfläche in Länge oder Dichte zu verändern, im

¹⁵ In der Filmkunst eine Angabe über den im Bild gezeigten Ausschnitt. Hier im Bezug auf Rendering.[BHA02]

Vergleich zu Paint Effects sind die Möglichkeiten jedoch stark eingeschränkt. Im Hinblick auf Fotorealismus ist der Detailgrad bei Großaufnahmen nicht ausreichend. Die Stärken von Maya Fur liegen vor allem in den realistischen Schatten, die die Fur Objekte werfen. Somit bietet es sich an, Maya Fur immer dann zu verwenden, wenn große Grasflächen mit totalen Einstellungen gefordert sind.

4.3.6 Abgleich mit den Anforderungen

Das Kapitel hat gezeigt, dass es möglich ist, mit Paint Effects und Fur fotorealistisches Gras zu erzeugen. Inwieweit es jedoch fotorealistisch erscheint, hängt stark von der verwendeten Einstellungsgröße ab. Abschließend lässt sich festhalten, dass die Anforderungen an das Gras auf realistischen Schattenwurf (Abbildung 15) und unterschiedliche Farben und Formen (Abbildung 13) erfüllt werden.

4.4 Reproduktion von Bäumen

Nachdem die Modellierung von Gras abgeschlossen ist, befasst sich dieses Kapitel mit der Modellierung von Bäumen. Auch hier werden zu Beginn die Merkmale von Bäumen beschrieben und erklärt worauf bei der Modellierung zu achten ist. Danach erfolgt die Modellierung eines Baumes mit Paint Effects. Anhand eines kleinen Exkurses wird die Erstellung von dreidimensionalen fotorealistischen Modellen anhand der Bild-basierten Modellierung erklärt. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse und ein Abgleich mit den Anforderungen.

4.4.1 Eigenschaften von Bäumen

Um einen Baum realistisch zu modellieren, muss man versuchen, die physikalischen Eigenschaften möglichst genau in Maya umzusetzen. Form, Farbe und Detailgrad müssen der Realität entsprechen, um

fotorealistische Renderings zu erzeugen. Wie Abbildung 16 zeigt, besteht ein Baum aus einem Baumstamm, Ästen, Zweigen und Blättern. Beim Baum müssen zwei verschiedene Materialien unterschieden werden: Holz bzw. Baumrinde und die Blätter. Diese unterscheiden sich deutlich in ihrer Art das Licht zu reflektieren. Wenn man einen genauen Blick auf die Blätter wirft, bemerkt man, dass die Blätter nicht komplett grün sind, sondern ein Mix aus grün und orange aufweisen. Die orangene Färbung wird durch die direkte Sonneneinstrahlung erzeugt. Die hohe Anzahl von Blättern sorgt dafür, dass nur wenig Licht ins Innere der Baumkrone gelangt.



Abbildung 16 Foto: Baum [PHH]

4.4.2 Umsetzung der Techniken in Maya

Zu Beginn muss die Polygonfläche „*Paintable*“ gemacht werden. Danach wird über den „*Paint Effects Visor*“ der gewünschte Pinsel für Bäume ausgewählt. Maya bietet hierfür circa dreißig verschiedene Voreinstellungen an. Angefangen bei Birken, Eichen und Ahorn über Palmen und Pinien lassen sich Szenarien wie Wälder, Wüsten und

Strände gestalten. Für die folgende Beispielszene wird die Voreinstellung für Eiche verwendet.



Abbildung 17 Maya Paint Effects Eiche

Maya Paint Effects bieten auch bei Bäumen eine Vielzahl von Einstellungen. Neben diversen Farb- und Beleuchtungsanpassungen ist es möglich, Form und Anzahl von Stamm, Zweigen und sogar Blättern zu verändern. Dem Benutzer wird dadurch die Möglichkeit gegeben, völlig neue Baumkreationen zu entwerfen. Wenn man Abbildung 17 betrachtet, stellt man fest, dass der Baum in der Szene wie ein Fremdkörper wirkt. Es ist nötig, noch einige Anpassungen an Farbe und Form vorzunehmen. Wie bei der Modellierung von Gras geschieht dies über einen „Trial and Error“ Prozess. Die fertig modellierte Szene wird nun wiederum mit Maya Software Renderer und Mental Ray gerendert. Maya Software benötigt für die Szene 0:18 Minuten zum Rendern, Mental Ray 35:26 Minuten.



Abbildung 18 Maya Paint Effects Eiche, Maya Software Rendering



Abbildung 19 Maya Paint Effects Eiche, Mental Ray Rendering

4.4.3 Bild-basierte Pflanzenmodellierung

Dieses Kapitel soll dem Leser zeigen, dass es neben der Modellierung mit Maya noch weitere Ansätze gibt, fotorealistische Bäume oder Pflanzen zu erzeugen.

Aufgrund der komplexen geometrischen Struktur stellen Bäume eine große Herausforderung dar, realistisch modelliert zu werden. Auch mit Plugins oder eigenständigen Softwareprodukten zur Pflanzenmodellierung, wie Maya Paint Effects, „TreeGenerator¹⁶“ oder „TreeFactory¹⁷“, lassen sich überzeugende Ergebnisse nur mit hohem Aufwand realisieren. Aus wirtschaftlicher Sicht gilt es zu bedenken, dass diese Produkte meist hohe Kosten mit sich ziehen. Das professionelle „SpeedTreeCad“, welches von der „Unreal Engine¹⁸“ verwendet wird, kostet in vollem Umfang 6.400 Euro.

Bei der Bild-basierten Pflanzenmodellierung werden Pflanzen möglichst detailgetreu durch Bilder nachgebildet. Neben der möglichst realistischen Modellierung, besteht das Ziel, dem Benutzer möglichst viele Interaktionsschritte abzunehmen und somit Zeit zu ersparen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass im Gegensatz zur Modellierung in einer 3D Animationssoftware keine genauen Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften von Pflanzen nötig sind. Aufgrund der hohen Komplexität des Themas und der ausreichenden Fachliteratur soll der Prozess der Bild-basierten Pflanzenmodellierung nur oberflächlich behandelt werden. Auf den mathematischen Hintergrund der Graphen-basierten Blattextraktion und der Algorithmen wird nicht näher eingegangen.

Der Prozess der Bild-basierten Pflanzenmodellierung besteht im Wesentlichen aus folgenden Schritten: Der Anfertigung von Fotos des

¹⁶ Software zur Erstellung von 3D Modellen von Bäumen. Export als .obj und .3ds [TRG]

¹⁷ Plugin für 3D Studio Max. Erstellung von 3D Modellen von Pflanzen. [TRF]

¹⁸ „Ein komplettes Entwicklungsgerüst für DirectX 10 bestückte PCs, XBOX 360 und Playstation 3.“ [UNR]

Objektes, der Zweigrekonstruktion, der Graphenbasierten Blattextraktion und letztlich der Blattrekonstruktion [ITM07].

Zu Beginn werden Fotos des Objektes aus unterschiedlichen Winkeln erstellt. Die Kamerabewegung um das Objekt wird nun rekonstruiert und anhand dessen, die jeweilige Position des Objekts im Raum bestimmt. Die daraus gewonnen Informationen werden zu einer dreidimensionalen Punktwolke über einen Algorithmus am Computer umgewandelt.



Abbildung 20 (links) Ursprungsfotos, (rechts) erzeugte Punktwolke [ITM07]

Die Zweigrekonstruktion stellt einen schwierigen Teil dar, weil bei vielen Pflanzenmodellen nur ein geringer Teil der Zweige sichtbar ist. Hier gibt es verschiedene Ansätze dieses Problem zu lösen. Eine Lösung besteht darin, dass man dem Benutzer ein Werkzeug bereitstellt, mit dem er ähnlich wie in einer 3D Animationssoftware die Zweige zu Fuß modellieren kann. Andere Ansätze gehen den Weg, dass zuerst die sichtbaren Zweige anhand der Fotos rekonstruiert werden und anschließend über eine nicht-parametrische Textursynthese¹⁹ die verdeckten Zweige generiert werden.

Auf Basis der Punktwolke wird nun ein ungerichteter, gewichteter Graph aufgebaut. Die Punkte werden mit Hilfe der 3D und 2D Informationen in Teilmengen zerlegt. Diese Teilmengen repräsentieren jeweils ein einzelnes Blatt. Anhand von Algorithmen, die unter anderem die

¹⁹ „Die automatische Erzeugung von Texturen, also zweidimensionalen digitalen Bildern, die Oberflächenstrukturen oder vergleichbare Inhalte zeigen“ [TES]

Farbänderung der benachbarten Pixel berechnen, werden die einzelnen Blätter zu 3D Gruppen aufgeteilt. Probleme können bei der Extraktion an Stellen auftreten, an denen sich Blätter sehr ähnlich sehen. Dadurch sind die Grenzen zwischen den einzelnen Blättern nicht klar zu berechnen.



Abbildung 21 (links) Rekonstruierte sichtbare Zweige

(rechts) über Textursynthese erzeugte nicht sichtbare Zweige [ITM07]

Zum Schluss erfolgt die Blattrekonstruktion. Es muss eine Blatt-Textur ausgewählt werden, welche dann für jede Gruppe von 3D Punkten an die passende Koordinate eingefügt und ausgerichtet wird. Die Blätter werden nun gemäß der Informationen über ihre Größe erstellt. Liegt keine Information über die Größe vor, so wird die Größe eines vordefinierten Blattes übernommen. Zuletzt werden die Farbinformationen aus den Ursprungsfotos den Blättern zugewiesen.



Abbildung 22 (links)Blattrekonstruktion, (rechts) texturiertes 3D Modell [ITM07]

4.4.4 Vergleich Paint Effects / Bild-basierte Modellierung

Die letzten beiden Kapitel haben gezeigt, dass es möglich ist, mit völlig verschiedenen Methoden, fotorealistische Bäume bzw. Pflanzen zu modellieren. Auf der einen Seite steht die klassische Modellierung über eine 3D Animationssoftware, auf der anderen Seite die Generierung von 3D Modellen über Fotos. Die Vor- und Nachteile dieser Verfahren werden an dieser Stelle zusammengefasst.

Die Modellierung von fotorealistischen Bäumen mit Maya Paint Effects stellt einen komplizierten und zeitaufwändigen Prozess dar. Ohne ausreichende Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften von Bäumen ist es nicht möglich, das Ziel zu erreichen. Außerdem ist es nahezu unmöglich, einen Baum von einer Vorlage eins zu eins nachzubilden. Den großen Vorteil den die Paint Effects Modellierung gegenüber der Bild-basierten Modellierung hat, ist die einfache Realisierung von Szenen mit einer großen Anzahl von Vegetationsobjekten.

Die Bild-basierte Modellierung von Pflanzen liefert überzeugende, fotorealistische Ergebnisse. Abhängig von der Effektivität der Algorithmen und der Qualität der Ursprungsfotos, werden Form und Farben eins zu eins nachgebildet. Es sind keinerlei Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften nötig. Das große Problem der Bild-basierten Modellierung sind verdeckte Bereiche, die nicht direkt nachgebildet werden können. Bei komplexen Gebilden wie Bäumen, wo große Teile der Blätter nicht sichtbar sind, müssen komplizierte Verfahren, wie die nicht-parametrische Textursynthese, herangezogen werden, die diese dann reproduzieren. Die Bild-basierte Modellierung bietet sich immer dann an wenn Modelle eins zu eins reproduziert werden sollen, wie dies zum Beispiel bei architektonischen Projekten der Fall ist. Solange jedoch ein gewisser

kreativer Freiraum vorhanden ist, bleibt die klassische Modellierung erste Wahl.

4.4.5 Abgleich mit den Anforderungen

Dieses Kapitel hat gezeigt, dass die fotorealistische Reproduktion von geometrisch-komplexen Gebilden wie Bäumen eine große Herausforderung darstellt. Aufgrund der großen Auswahl an kommerzieller Software, die dieses Problem zu lösen versucht, wurde in Maya nur der Ansatz der Reproduktion mit Paint Effects verfolgt. Die Erstellung eines eigenen realistischen Modells hätte zu viel Zeit gekostet und sehr wahrscheinlich keine besseren Ergebnisse als der Paint Effects Baum gebracht. Der modellierte Paint Effects Baum erfüllt alle Anforderungen, die in Kapitel 4.4.1 festgelegt wurden. Vor allem die Interaktion mit dem Licht kann als äußerst gelungen bezeichnet werden (Abbildung 23). Vergleicht man das zu Anfang gezeigte Referenzbild mit dem finalen Rendering, so lassen sich nur Kleinigkeiten ausmachen.



Abbildung 23 Vergleich zwischen echtem (links) und nachgebildeten Baum (rechts)

5 Beleuchtung

Nach der thematischen Behandlung der Szene in Bezug auf Modellierung, beschreibt dieses Kapitel den zweiten Schritt in Richtung eines fotorealistischen Außenbereichs. Zu Beginn des Kapitels werden die Anforderungen festgelegt, die sich für die Beleuchtung von einzelnen Objekten und der gesamten Szene ergeben. Wichtige Begriffe werden geklärt und Möglichkeiten aufgezeigt, wie sich verschiedene Lichtsituationen mit Hilfe von Maya simulieren lassen. Danach werden lokale und globale Beleuchtungsmodelle erklärt und anhand von Beispielszenen in Maya angewendet. Abschließend erfolgt eine Gegenüberstellung der Beleuchtungsmodelle und eine kurze Einführung zum Begriff Shading.

5.1 Einführung in die Beleuchtung

Bilder, durch die wir unsere Umgebung wahrnehmen, resultieren letztendlich aus Licht, das von einer Lichtquelle emittiert wird, an Oberflächen der Umgebung reflektiert und schließlich auf unsere Netzhaut auftritt. Um also ein möglichst realistisches Abbild der Wirklichkeit zu erstellen, ist es nötig, eine Abbildung der Physik des Lichtes zu simulieren. Durch die Einbeziehung des Lichtes (und der daraus resultierenden Schatten) ist es erst möglich, trotz der zweidimensionalen Darstellung eine Vorstellung davon zu erlangen, wie der geometrische Aufbau einer Szene in der Realität wäre. Da es sich bei unserem Außenbereich um eine künstliche Welt handelt, braucht man Gesetze, die für diese Welt gelten ebenso wie die physikalischen Gesetze in der Wirklichkeit [ECG96]. Diese „künstlichen“ Naturgesetze werden auch als Modell bezeichnet und versuchen, der Realität möglichst nahe zu kommen. Je nach verwendetem Modell können so mehr oder weniger realistische Ergebnisse erzielt werden. Auch für Licht gibt es in der Computergrafik ein

Modell: das sogenannte Beleuchtungsmodell. Hierbei unterscheidet man zwischen lokalen und globalen Beleuchtungsmodellen.

5.2 Anforderungen an die Beleuchtung

Für eine realistische Beleuchtung der Szene ergeben sich eine Reihe von Anforderungen, die erfüllt werden müssen. Die Wahl der Lichtquelle ist abhängig davon, in wie weit sie die Eigenschaften der Sonne simuliert. Bei direkter Sonneneinstrahlung werfen Objekte in der Natur sehr scharfe Schatten. Dieses Kriterium gilt es, bei der Wahl der Schatten zu beachten. Trifft Licht auf die Oberfläche eines Materials, verhält es sich je nach Art des Materials unterschiedlich. Materialien wie Wasser werfen starke Glanzlichter, Baumrinde dagegen absorbiert das Licht stark. Neben der realistischen Simulation des Lichtes auf der Oberfläche eines Materials ist die Nachempfindung der Licht-Wechselwirkungen der Objekte der Szene zu berücksichtigen.

5.3 Lichtquellen

Das Beleuchtungsdesign in einer dreidimensionalen Szene ist vergleichbar mit einer realen Beleuchtung. Regeln und Funktionsweisen der Lichtquelle unterscheiden sich jedoch maßgeblich von der Realität. Die Lichtquellen der 3D Computergrafik (und in Maya) sind angelehnt an die in unserer natürlichen Umgebung vorkommenden Lichtquellen. Es können Umgebungslichter, Punktlichter oder Spotlichter definiert werden, um Szenen möglichst realistisch auszuleuchten. Lichtquellen in der Computergrafik bieten darüber hinaus aber noch weitere „unrealistische“ Eigenschaften, die in der realen Welt nicht bzw. nur mit technischem Aufwand erzielt werden können. Es ist zum Beispiel möglich, Lichtquellen zu definieren, die unendlich weit mit gleicher Intensität strahlen, die keine Schatten werfen, die durch bestimmte Objekte hindurchleuchten oder negative Lichter, die beleuchtete Teile abdunkeln.

5.3.1 Vergleich der Lichtquellen

Dieses Kapitel soll die von Maya bereitgestellten Lichtquellen kurz vorstellen. Jede dieser Lichtquellen eignet sich für bestimmte Szenarien. Es soll nun untersucht werden, welche dieser Lichtquellen sich am besten für die Ausleuchtung eines Außenbereichs eignet [ATL06].

Die ambiente Beleuchtung (ambient light) ist die einzige indirekte Lichtquelle, die Maya bietet. Ambiente Lichtquellen strahlen in alle Richtungen gleich intensives Licht und sorgen für eine allgemeine Grundhelligkeit. Mit dieser Beleuchtung können flache, eintönige Farbschattierungen erzeugt werden. Eine Positionierung der Lichtquelle ist somit nicht nötig. Eine alleinige Verwendung von ambientem Licht macht wenig Sinn, da Objekte vollkommen flach wirken (Abbildung 42). Ambiente Beleuchtung wird in der Regel nur in Verbindung mit anderen Lichtquellen zur Aufhellung einer Szene benutzt.

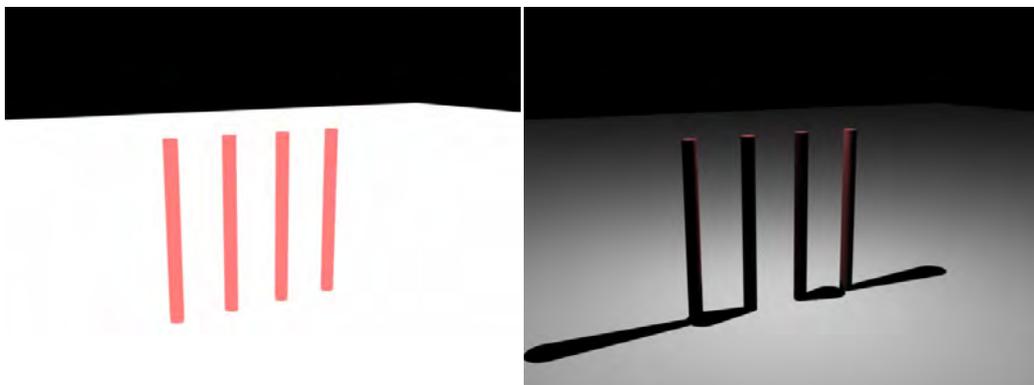


Abbildung 24 (links) Ambiente Lichtquelle, (rechts) Punktlichtquelle

Die Punktlichtquelle repräsentiert eine Lichtquelle an einer festen Position. Das Licht wird dabei in alle Richtungen geworfen (omnidirektionales Licht). Punktlichtquellen bieten sich immer dann an, wenn das Licht eine hohe Intensität in einem kleinen Gebiet hat, oder wenn es sich bei der Lichtquelle um eine physikalische Repräsentation einer Kugel handelt. Man verwendet Punktlichtquellen zum Beispiel, um das Licht einer

Leuchtdiode oder einer Nachttischlampe zu simulieren. Für die Ausleuchtung des Außenbereichs bietet sie sich jedoch nicht an.

Die Spotlichtquelle ist dem Spot-Scheinwerfer nachempfunden, welcher im Theater oder bei Filmproduktionen eingesetzt wird. Sie emittiert das Licht nur in einem begrenzten Kegel mit abnehmender Intensität. Aufgrund der Tatsache, dass die Lichtstrahlen bei der Spotlichtquelle niemals parallel verlaufen können, eignet sie sich nicht zur Ausleuchtung eines Außenbereichs. Vielmehr können der Lichtwurf einer Taschenlampe oder der eines Lampenschirmes mit ihr simuliert werden.

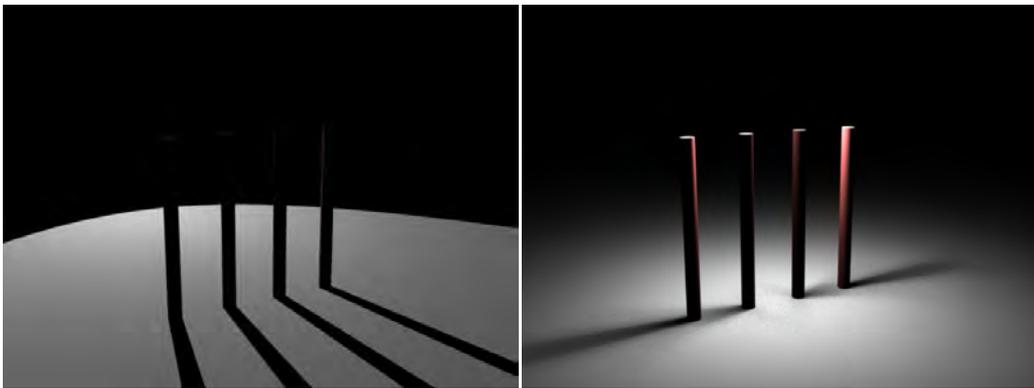


Abbildung 25 (links) Spotlichtquelle. (rechts) Flächenlichtquelle

Die Flächenlichtquelle basiert auf einer definierbaren Fläche, die Licht in eine Richtung emittiert. Die Größe dieser Fläche beeinflusst die Intensität des Lichtes. Flächenlichtquellen eignen sich am besten für die Ausleuchtung von Szenen bei denen das Licht aus einer flachen oder engen Quelle strömt. Man nutzt Flächenlichtquellen, um zum Beispiel Räume auszuleuchten, in die das Licht durch das Fenster oder Türspalten gelangt. Für die komplette Ausleuchtung eines Außenbereiches ist diese Lichtquelle jedoch ungeeignet.

Die Richtungslichtquelle besteht aus einer „Lichtrichtung“ ohne eine feste Position zu haben. Sie simuliert parallele Lichtstrahlen, die in eine bestimmte Richtung geworfen werden. Eine Richtungslichtquelle bietet sich dann an, wenn sich die Lichtquelle in einer großen Distanz zum Objekt befindet, wie es zum Beispiel bei Sonne und Mond der Fall ist.

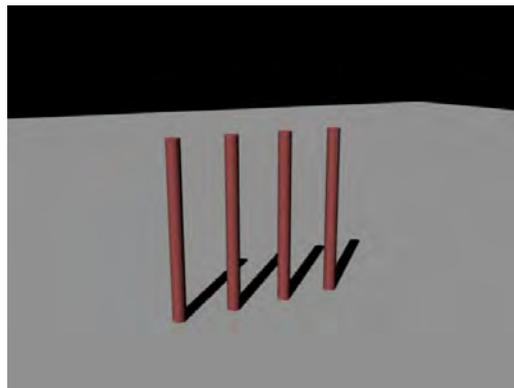


Abbildung 26 Richtungslichtquelle

5.3.2 Schatten

Schatten sind ein unvermeidlicher Teil einer physikalischen Welt. Die Verwendung von qualitativ hochwertigen Schatten stellen eine absolute Notwendigkeit für professionelle Renderings dar. Nach Wahl der Lichtquelle, welche je nach Typ unterschiedliche Schatten wirft, muss man sich für eine Art der Schattenerzeugung entscheiden. Maya bietet zu diesem Zweck zwei verschiedene Arten an: „Depth Map Shadows“ (DMS) und „Raytraced Shadows“ (RTS).

5.3.3 Vergleich der Schattenarten

Die beiden angesprochenen Schattenarten werden nun anhand einer kleinen Versuchsreihe in unterschiedlichen Szenarien gegenübergestellt.

Ziel dieser Versuchsreihe ist es herauszufinden, wie gut die Qualität der beiden Schattenarten ist und wie sich die Renderzeit dazu verhält.

Aus einer festen Kameraposition werden anhand der unterschiedlich gewählten Schattenarten Renderings zum Vergleich erstellt. Als Lichtquelle dient in den Beispielszenen eine Richtungslichtquelle.

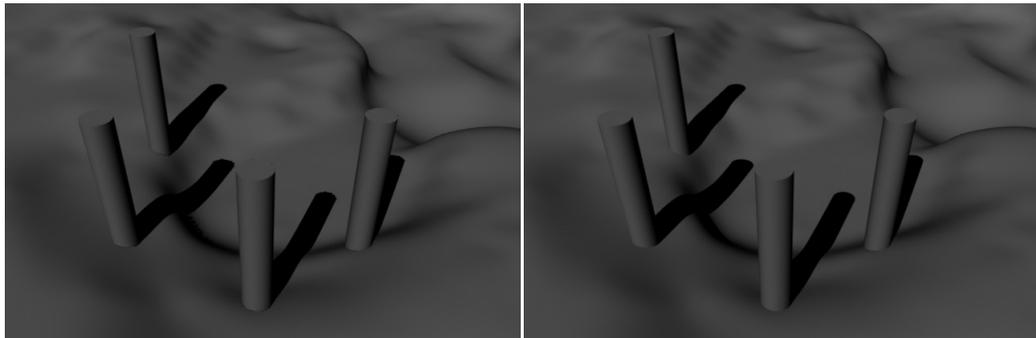


Abbildung 27 Scharfer Schattenverlauf: (links) DMS - 2sec. (rechts) RTS - 47sec

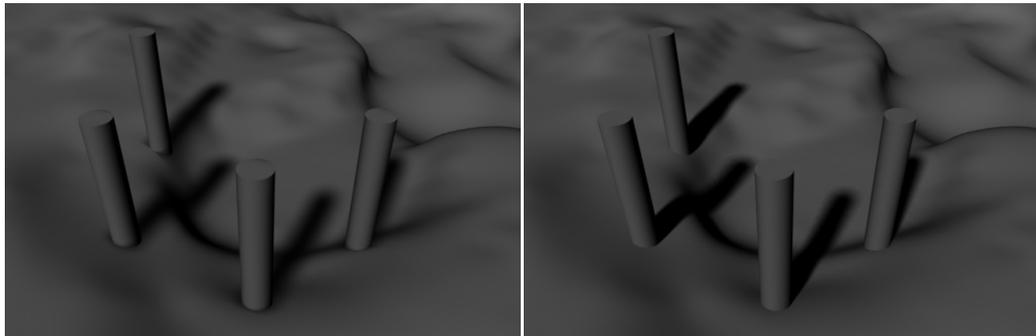


Abbildung 28 Weicher Schattenverlauf: (links) DMS - 4sec. (rechts) RTS - 58sec



Abbildung 29 „PaintEffects“ Modell: (links) DMS - 12sec. (rechts) RTS - 14sec

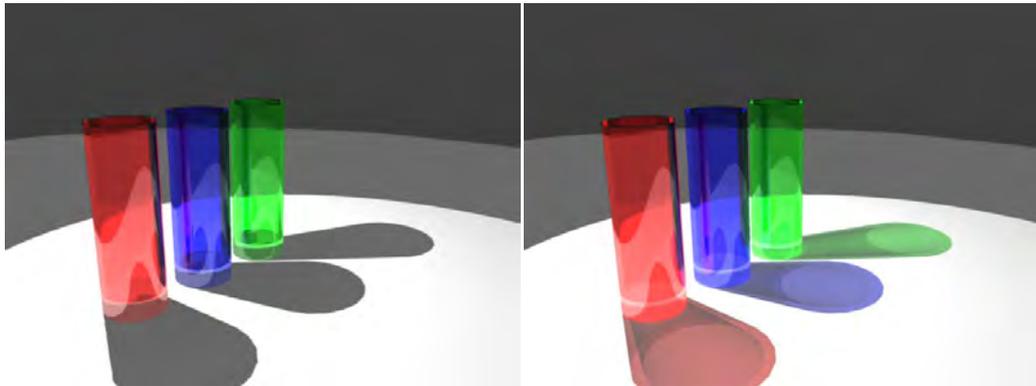


Abbildung 30 „Transparente“ Schatten: (links) DMS - 20sec. (rechts) RTS - 18sec

5.3.4 Abgleich mit den Anforderungen

Der Vergleich der Lichtquellen hat gezeigt, dass sich jede Lichtquelle für bestimmte Situationen anbietet. In den Anforderungen wurde festgelegt, dass die verwendete Lichtquelle die Eigenschaften der Sonne simulieren muss. Die Richtungslichtquelle erfüllt alle Anforderungen und wird daher als Lichtquelle für die Szene dienen.

Die Untersuchung der unterschiedlichen Schattenarten hat gezeigt, dass „DMS“ bei geringer Renderzeit gute Ergebnisse liefern. Bei weichen Schatten sind sie den „RTS“ auch qualitativ ebenbürtig. Die durch Sonnenlicht erzeugten Schatten sind in der Realität relativ scharf. „DMS“ liefern, wie Abbildung 29 zeigt, nur sehr grobe, verwaschene Schatten. „RTS“ brauchen bei komplexen Lichtsituation eine deutlich höhere Renderingzeit, liefern jedoch auch einen sehr scharfen Schattenverlauf. Für die Darstellung der Schatten werden für die Szene Raytraced Shadows verwendet.

5.4 Lokale Beleuchtungsmodelle

Lokale Beleuchtungsmodelle simulieren das Verhalten von Licht auf Oberflächen. Dabei wird die Helligkeit eines von einem Punkt auf der Oberfläche in eine bestimmte Richtung reflektierenden Lichtstrahls berechnet [ECG96, S 140]. Strahlungsaustausch und Schatten werden dabei nicht berücksichtigt. Die gebräuchlichsten lokalen Beleuchtungsmodelle von „Lambert“ und „Phong“ sollen im Folgenden kurz beschrieben werden.

5.4.1 Lambert Beleuchtungsmodell

Dem Lambert'schen Beleuchtungsmodell liegt das Gesetz des Physikers Johann Heinrich Lambert zugrunde. Es besagt, dass die Strahlungsstärke von einfallendem Licht auf eine effektive Fläche proportional zum Cosinus des Einfallswinkels ist [LAM]. Mit diesem Modell kann ausschließlich die Beleuchtung von diffus reflektierenden Oberflächen simuliert werden. Der reflektierende Anteil des Lichtes in einem Oberflächenpunkt ist somit in allen Richtungen gleich.

In Maya können mit dem Lambert'schen Beleuchtungsmodell sehr gut Materialien wie Holz, Beton, Stein, Papier oder Stoff erzeugt werden.

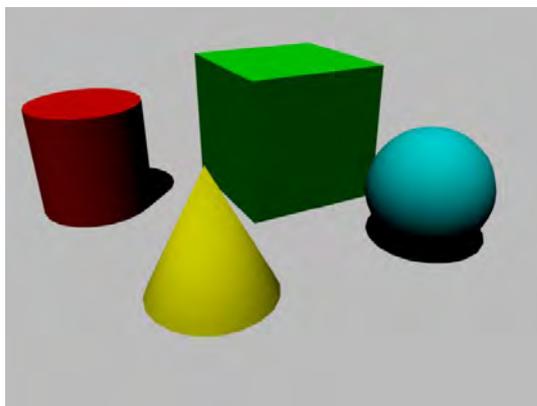


Abbildung 31 Lambert Material in Maya, diffuse Oberfläche

5.4.2 Phong Beleuchtungsmodell

Mit den in Kapitel 5.4.1 angesprochenen diffusen Reflexionen können matte Oberflächen dargestellt werden. In der Realität zeigen aber selbst matte Gegenstände bei direkter Beleuchtung oft einen gewissen Glanz. Von einem bestimmten Winkel betrachtet, reflektieren sie einen Großteil des einfallenden Lichtes, so dass auf der Oberfläche ein heller Punkt erscheint, der annähernd die Farbe der Lichtquelle hat.

Beim Phong'schen Beleuchtungsmodell handelt es sich um ein empirisches Modell, das auf keinerlei physikalischer Grundlage aufbaut [PBM]. Das Modell besteht aus drei verschiedenen Komponenten: einer ambienten, einer diffusen und einer spekularen. Die ambiente²⁰ (umgebende) Komponente besagt, dass jedes Objekt gleichmäßig mit ambienten Licht beleuchtet wird. Die diffuse Komponente entspricht dem Lambert'schen Gesetz. Die spekulare Komponente betrachtet das Objekt als spiegelnde Oberfläche, an der Glanzpunkte entstehen, wenn sich der Betrachter nahe der Reflexionsrichtung befindet.

In Maya können mit dem Phong'schen Beleuchtungsmodell sehr gut Materialien wie Metall, Glas, Fliesen oder Plastik erzeugt werden.

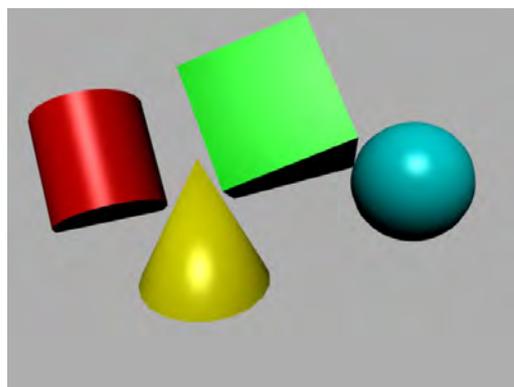


Abbildung 32 Phong Material in Maya, Glanzlichter

²⁰ Bei ambientem Licht kommt das Licht nicht von einer definierten Quelle, sondern vielmehr aus allen Richtungen. [ATL06]

5.5 Globale Beleuchtungsmodelle

Im vorangegangenen Kapitel wurden die zwei gängigsten lokalen Beleuchtungsmodelle erklärt, um die Lichtverhältnisse an einem bestimmten Punkt der Szene beschreiben zu können. „Für die Erzeugung fotorealistischer Bilder ist aber auch die Modellierung der globalen Beleuchtung, also der Licht-Wechselwirkungen aller Objekte der Szene miteinander von Bedeutung [ECG, S. 163]“. Ohne sie könnten zum Beispiel die Spiegelungen der Umgebung auf einer Wasseroberfläche nicht dargestellt werden.

Zu Beginn des Kapitels werden die Anforderungen an das globale Beleuchtungsmodell festgelegt. Danach werden verschiedene Ansätze in der Theorie erklärt und anschließend anhand von Beispielszene in Maya auf Eignung für die Szene untersucht. Abschließend werden die vorgestellten Ansätze miteinander verglichen und ihre Vor- und Nachteile aufgeführt.

5.5.1 Anforderungen an die globale Beleuchtung

Für die Beleuchtung der Szene spielt die Wahl des globalen Beleuchtungsmodells eine entscheidende Rolle. Das Modell muss dabei in der Lage sein, sowohl spiegelnde, als auch diffuse Oberflächenreflexionen zu berechnen. Die Renderingzeit für die Berechnung soll nicht zu hoch ausfallen. Außerdem soll die globale Beleuchtung in Maya möglichst leicht zu konfigurieren sein.

5.5.2 Raytracing

„Der Ansatz des Raytracings geht auf Whitted und Appel zurück [APP68, WHI80]. Mit Hilfe von Raytracing lassen sich spiegelnde Reflexionen perfekt wiedergeben [ECG, S 163]“. Raytracing beschäftigt sich mit der

Frage, woher Lichtstrahlen kommen. Berücksichtigt wird dabei nicht nur das eintreffende Licht von Lichtquellen, sondern auch die indirekt einfallenden Lichtanteile. Der Vorgang des Raytracings läuft dabei im Vergleich zur Natur rückwärts ab. Das Nachverfolgen („trace“) der Lichtstrahlen („ray“) beginnt dabei bei der Kamera. Diese Methode wird daher auch als „Backwards Raytracing“ oder rekursives Raytracing bezeichnet [ECG, S 179]. Mit Hilfe von Raytracing können Spiegelungen („ray-traced reflections“), Lichtbrechungen („ray-traced refractions“) und Schatten („ray-traced shadows“, Vgl. Kapitel 5.2.2) berechnet werden.

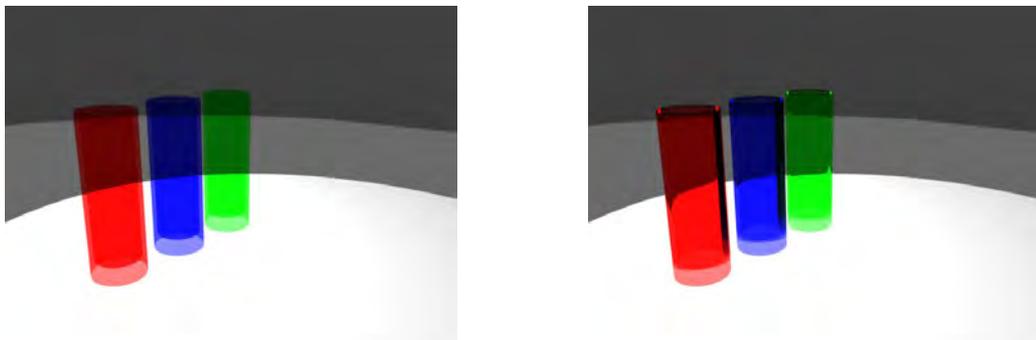


Abbildung 33 (links) Lichtbrechungsindex von '1.0'. (rechts) Lichtbrechungsindex von '1.6'

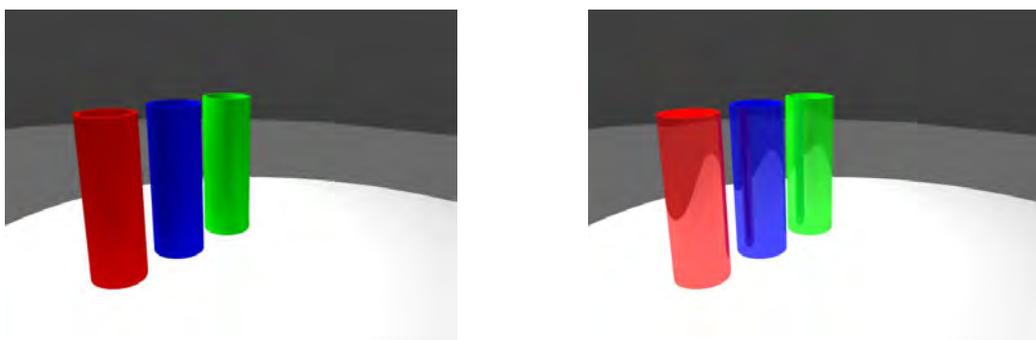


Abbildung 34 (links) Anzahl Spiegelungen: '0'. (rechts) Anzahl Spiegelungen: '2'

Das Prinzip des Raytracings soll an dieser Stelle kurz erläutert werden. Zu Beginn des Raytracing Prozesses wird das Blickfeld der Kamera in ein Feld von zu berechnenden Bildpunkten umgewandelt. Raytracing verfolgt nun für jedes zu rasternde Pixel den Lichtstrahl und ermittelt den ersten

Schnittpunkt mit dem Objekt (Primärstrahl). Von diesem Punkt aus werden weitere Strahlen ausgesendet, die nach einfallenden Lichtstrahlen suchen. Jetzt wird geprüft, ob das Objekt über reflektierende oder lichtbrechende Eigenschaften verfügt. Diese sogenannten Sekundärstrahlen werden je nach Materialeigenschaft nach dem Reflexionsgesetz oder dem Brechungsgesetz berechnet. Die Sekundärstrahlen treffen gegebenenfalls auf andere Objektpunkte, an denen dann gleich verfahren wird. Der Abbruch der Rekursion erfolgt dabei entweder, wenn ein Strahl ohne Schnitt mit einem Objekt aus der darzustellenden Szene läuft, oder wenn eine vorgegebene maximale Rekursionstiefe erreicht ist [ECG96, S 171]. Die Renderzeit für Raytracing ist abhängig von der Rekursionstiefe, der Bildauflösung und der Anti-Aliasing Einstellung.

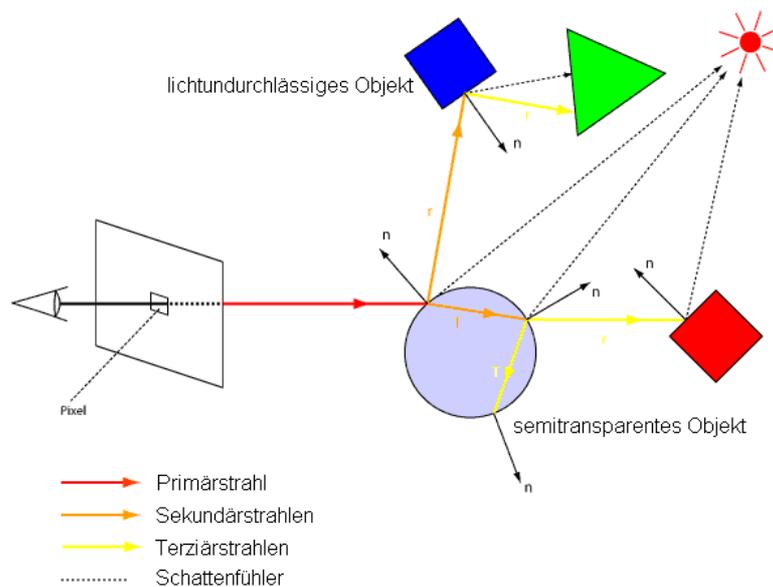


Abbildung 35 Prinzip des rekursiven Raytracings [DMA]

In Maya wird Raytracing in den Rendereinstellungen über „*Window > Rendering Editors > Render Settings*“ eingestellt.

5.5.3 Photon Mapping

Spiegelnde Reflexionen können mit Raytracing perfekt wiedergegeben werden. Diffuse Beleuchtung oder die Wiedergabe von indirekt spiegelnder Beleuchtung können dagegen nicht mit dieser Methode realisiert werden. Um diese Probleme zu lösen, wurden Erweiterungen des Raytracings entwickelt. Eine davon ist das sogenannte Photon Mapping welches auch für Mental Ray verfügbar ist.

Das Photon Mapping besteht aus zwei Phasen. In der ersten Phase, welche vor dem eigentlichen Rendervorgang abläuft, werden Photonen²¹ von der Lichtquelle in die Szene geschossen. Trifft ein Photon eine Oberfläche, werden sowohl Energie als auch seine Einfallsrichtung in die sogenannte Photon Map eingetragen. Danach wird das Photon zufällig reflektiert, oder es wird absorbiert. Nach Abschluss dieser Phase gibt die Photon Map eine Approximation der Lichtverhältnisse der gesamten Szene [ECG96, S 177-178].

In der zweiten Phase wird die direkte Beleuchtung berechnet. Der Unterschied zum regulärem Raytracing ist jedoch, dass die indirekte Beleuchtung durch andere Objekte berücksichtigt wird und in der Photon Map abgespeichert wird. Danach erfolgt die Berechnung der Szene.

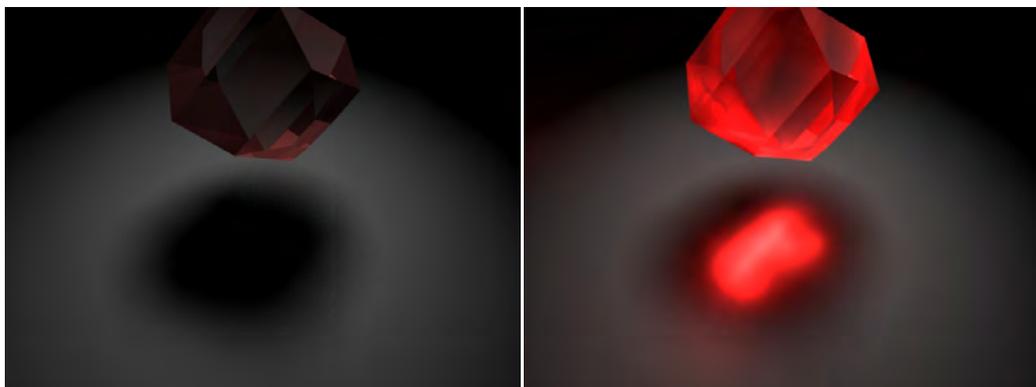


Abbildung 36 (links) klassisches „Raytracing“. (rechts) „Photon Mapping“

²¹ „energiebehaftete Partikel [ECG, S 177]“

Um in Maya die globale Beleuchtung über Photon Mapping berechnen zu lassen, müssen zwei Dinge eingestellt werden. In den Einstellungen der Lichtquelle muss über „*mental ray > caustics and global illumination > emit photons*“ die Anzahl an Photonen eingestellt werden, die in die Szene geschossen werden. Zusätzlich muss in den Rendereinstellungen „*Global Illumination*“ und „*Photon Tracing*“ aktiviert sein.

5.5.4 Image Based Lighting

In den vorangegangenen Kapiteln wurden die zwei globalen Beleuchtungsmodelle des Raytracings und des Photon Mappings vorgestellt. Beide Modelle berechnen die Interaktion des Lichtes mit Objekten ausgehend von einer oder mehreren Lichtquellen. Fotorealistiche Ergebnisse lassen sich mit den beiden Verfahren nur erzielen, wenn man viel Zeit mit den Anpassungen der Lichtquellen vornimmt.

Image Based Lighting (IBL) geht einen anderen Weg um globale Beleuchtung zu erreichen: Es ersetzt die traditionellen Lichtquellen durch leuchtende Objekte, um anhand dessen die tatsächliche Lichtintensität zu berechnen.

„IBL“ wurde 1998 von Paul Debevec und Greg Malik auf der „ACM-SIGGRAPH²²“ Konferenz vorgestellt [RNL98]. Diese Methode globale Beleuchtung zu erreichen, verwendet HDRI, um den gesamten Farb- und Helligkeitsumfang einer Szene abzubilden. HDRI steht für „High Dynamic Range Imaging“, übersetzt also Bildverarbeitung mit hohem Dynamikumfang. Mit Dynamik ist hier nicht die Farbdynamik gemeint, sondern die Kontrastdynamik [HDR08]. Das HDR Bild kann in einem

²² „Association for Computing Machinery's Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques“

HDRI-fähigen 3D Programm (wie z.B. Maya) dann als Lichtquelle verwendet werden.

Der Prozess des „IBL“ beginnt mit der Auswahl eines HDR Bildes, welches die Beleuchtungssituation der Szene widerspiegeln soll. Wenn nicht vorhanden, kann das HDR Bild über das Zusammenfügen einer Belichtungsreihe (bestehend aus mehreren „Low Dynamic Range“ Bildern) mittels Software wie „HDR Shop²³“ [HDS] erstellt werden. Über den Ablauf der Erstellung eines HDR Bildes wird an dieser Stelle nicht weiter eingegangen. Es sei hier auf die Literatur verwiesen [HDR08].



Abbildung 37 Belichtungsreihe aus mehreren „LDR Bildern“ [HDR08]

Nachdem das HDR Bild erstellt ist, wird es in die entsprechende 3D Software importiert. In Maya wird dann in den Rendereinstellungen über „*Rendering > Rendering Settings > Mental Ray > Image based Lightning > Create*“ ein „IBL“ Knoten für die Szene erstellt. Dieser wird in der Szene als Kugel dargestellt. Der „IBL“ Knoten wird nun selektiert und bekommt über „*Image File*“ das HDR Bild zugewiesen.

Für die Beispielszene wurde ein „HDR-Bild“ eines Sonnenuntergangs verwendet. Abbildung 38 zeigt das fertige Rendering. Man beachte hierbei den roten Schimmer, den das Licht an die Blättern wirft und die dezente Färbung der Grasfläche.

²³ Freie Software zum Erstellen von HDR Bildern



Abbildung 38 Baumszene aus Kapitel 4.4.1 mit Image Based Lighting

5.5.5 Mental Ray Physical Sun and Sky

Mental Ray Physical Sun and Sky („PSAS“) ist eine speziell für den Mental Ray Renderer in Maya integrierte Lösung zur Simulation von physikalisch korrekt dargestellten Tageslicht-Situationen. Der Einsatz von „PSAS“ bietet sich vor allem für die Beleuchtung von Außenbereichen an.

Um „PSAS“ in Maya zu nutzen, muss zu Beginn der „Mental Ray“ Renderer aktiviert werden. Über „*Window > Rendering Editors > Render Settings > Mental Ray*“ wird „Mental Ray“ als Renderer festgelegt. In den „Mental Ray“ Einstellungen werden danach über „*Mental Ray > Environment > Physical Sun and Sky > Create*“ die erforderlichen Knoten erzeugt. Maya erzeugt eine Richtungslichtquelle im Ursprung der Szene, eine blaue Umgebung und eine virtuelle Sonne. Die Position der Sonne ist dabei an den Rotationswinkel der Umgebungslichtquelle gebunden. Je nach Rotationswinkel werden somit die verschiedenen Lichtsituationen zu unterschiedlichen Tageszeiten dargestellt (Abbildung 39).

„PSAS“ bietet dem Benutzer viele Möglichkeiten zur Anpassung der Lichtverhältnisse und der Umgebung an. Die Umgebung, die nach Erstellung aus einer himmelblau-gefärbten Kuppel besteht, kann mit einer

Hintergrund-Textur versehen werden. Über das „Haze“ Attribut kann der Szene „Nebel“ in verschiedener Intensität zugefügt werden.

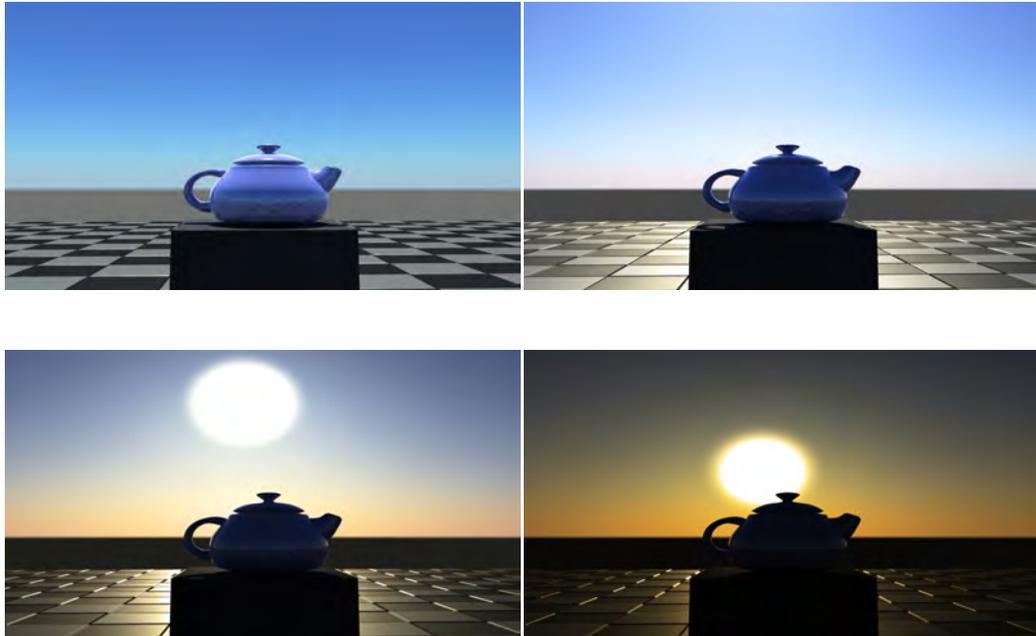


Abbildung 39 Physical Sun and Sky Szene bei unterschiedlicher „Tageszeit“

Um eine Szene mit „PSAS“ zu rendern, müssen zwei Dinge beachtet werden. Zum Einen muss Final Gathering (Vgl. Kapitel 7.4) in den Mental Ray Einstellungen aktiviert sein. Final Gathering ist ähnlich zum Photon Mapping eine Methode zur Berechnung der globalen Beleuchtung. Es eignet sich vor allem für die Berechnung von diffusen Oberflächen. Der zweite Punkt, den man beachten muss, ist die vor dem Rendervorgang vorzunehmende Gamma-Korrektur. Mental Ray verwendet für alle Texturen einen Gammawert von '2.2'. Um dieses Problem zu lösen, erstellt man entweder einen „GammaCorrect“ Knoten und verknüpft ihn mit der Textur, oder man ändert die Gamma-Einstellungen des entsprechenden „PSAS“ auf einen niedrigeren Wert.

Abbildung 40 zeigt die bekannte Beispielszene unter Verwendung von „PSAS“. Man beachte hierbei den realistischen Schattenwurf abhängig von der „Tageszeit“.



Abbildung 40 Physical Sun and Sky Baumszene bei unterschiedlicher „Tageszeit“

5.5.6 Abgleich der Anforderungen

Die letzten Kapitel haben gezeigt, dass die unterschiedlichen Ansätze zur globalen Beleuchtung alle gute Ergebnisse liefern. Bis auf das „reine“ Raytracing sind alle vorgestellten Verfahren in der Lage spiegelnde als auch diffuse Oberflächen zu berechnen. Photon Mapping ist das einzige verwendete Verfahren, mit dem Kaustiken berechnet werden können. Die Anpassung des Photon Mappings in Maya ist jedoch ein komplizierter Prozess, der eine große Anzahl an Tests mit sich bringt. Image Based Lighting ist das benutzerfreundlichste Verfahren, wenn es darum geht, globale Beleuchtung in Maya zu integrieren. Aufgrund der komplizierten Anfertigung der HDR Bilder und der Tatsache, dass man für die erstellte Szene ein passendes HDR Motiv benötigt, ist es nur bedingt einsetzbar. Physical Sun And Sky in Verbindung mit Final Gathering bietet sich von allen vorgestellten Verfahren am Besten für die Berechnung der globalen Beleuchtung an. Aufgrund der dynamischen Anpassung der Tageslichtsituationen durch die Richtungslichtquelle ergibt sich die Möglichkeit, mit wenigen Handgriffen die modellierte Szene zu mehreren Tageszeiten zu rendern. Die Anpassung der unterschiedlichen „Tageszeit“ soll auch im finalen Rendering berücksichtigt werden (Vgl. Kapitel 8.1).

6 Texturierung und Shading

Nachdem die Beleuchtung der Szene beschrieben wurde, befasst sich dieses Kapitel damit, die erstellten Objekten mit natürlichen Oberflächeneigenschaften zu versehen. Zu Beginn des Kapitels werden die Begriffe Texturierung und Shading etwas näher betrachtet. Danach erfolgt die Festlegung der Anforderungen. Texturierung und Shading sind der dritte und letzte Schritt in Richtung Fotorealismus. Nachdem die Grundlagen sowie die bekanntesten Mapping Techniken besprochen sind, wird das in Kapitel 4.2 modellierte Gelände texturiert. Komplexe Materialien wie Wasser und Wolken werden anhand verschiedener Techniken erstellt und aufgezeigt, welches Verfahren sich am Besten eignet.

6.1 Grundlagen der Texturierung

Die Realität bietet eine Vielzahl von geometrischen Feinstrukturen. Holz weist eine Maserung auf, Marmor hat ein bestimmtes Muster und Tapeten besitzen eine Raufaser. Um diese detaillierten Oberflächen polygonal zu modellieren, bedarf es einer Vielzahl von kleinen Polygonen. Im Bezug auf Renderingzeit, Modellierungsaufwand und Speicherplatzbedarf ist diese Art der Oberflächendarstellung nicht akzeptabel. Es bedarf also einer pragmatischen Lösung, diese Details darzustellen. James F. Blinn²⁴ hat dieses Problem in einem Satz passend beschrieben: *„All it takes is for the rendered image to look right.“*

Der Vorgang der Texturierung geht davon aus, dass die Oberfläche, zum Beispiel einer Wand, als ein einziges Polygon modelliert werden kann. Danach wird ein Bild auf die Oberfläche aufgebracht. Diesen Vorgang des „Tapezierens“ bezeichnet man in der Computergrafik als Texturierung.

²⁴ „Naturwissenschaftler, der durch seine Arbeiten in der Computergrafik bekannt wurde. Unter anderem ist er der Erfinder des „Blinn-Phong“ Beleuchtungsmodells und des „Bump-Mappings“.[JFB]“

Hier unterscheidet man drei unterschiedliche Aspekte. Das Hinzufügen eines Musters zu einer glatten Fläche bezeichnet man Texture-Mapping. Durch Displacement-Mapping und Bump-Mapping wird der Eindruck von Rauheit bei einer glatten Oberfläche erzeugt. Die Simulation der Umgebung auf der Oberfläche wird als Environment-Mapping oder Reflection-Mapping bezeichnet.

6.2 Mapping Verfahren

Das Streben nach Fotorealismus bringt die Notwendigkeit der Berücksichtigung von Details der Szene mit sich. „Um den daraus resultierenden Aufwand in Grenzen zu halten, wurden „Mapping“ Verfahren eingeführt, die die explizite Modellierung solcher Details vermeiden“[ECG96, S 195]. Dieses Kapitel soll anhand kleiner Beispielszenen den Einsatz von Texture-Mapping, Displacement-Mapping, Bump-Mapping und Environment-Mapping aufzeigen.

6.2.1 Texture-Mapping

Beim Texture-Mapping werden Flächen dreidimensionaler Oberflächenmodelle mit zweidimensionalen Bildern, sogenannten Texturen²⁵, und Oberflächeneigenschaften ausgestattet.

Das Mapping beschreibt dabei, wie die Textur auf das 3D Objekt aufgebracht wird (Abbildung 41). Man unterscheidet hier zwischen Planarem-Mapping, Box-Mapping, Zylinder-Mapping und Kugel-Mapping. „Die aufzutragende Textur wird dabei in einer Matrix (Texture-Map) aus einzelnen Bildelementen (Texel²⁶) gespeichert, die die Intensitäts- bzw. Farbinformationen enthält. Diese rechteckige Textur wird dann mittels

²⁵ „In der Computergrafik bezeichnet eine Textur ein Bild, welches für 3D Modelle als Überzug verwendet wird. Der Detailgrad wird dabei erhöht ohne die Geometrie zu verändern.“ [TEX]

²⁶ Abkürzung für „Texture Pixel“. Ein einzelner Pixel innerhalb der Texture Map [ECG96]

einer inversen Abbildung auf die entsprechende Oberfläche abgebildet“ [ECG96, S 196].

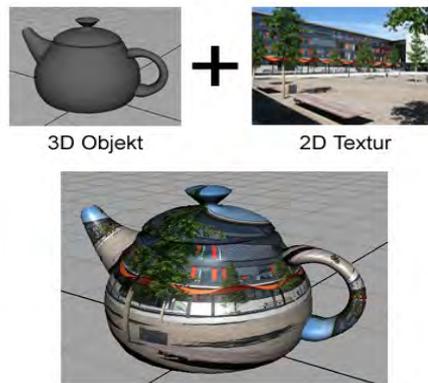


Abbildung 41 Zweidimensionales Texture-Mapping

In der Beispielszene werden nun einige primitive Objekte erstellt und über Texture-Mapping Texturen angebracht. Als Textur dient ein einfacher „Ramp Shader“, der die Regenbogenfarben zeigt. Im linken Bild von Abbildung 42 kann man erkennen, dass die Textur lediglich bei der Fläche richtig angeordnet ist (erkennbar an dem kompletten Spektrum der Regenbogenfarben). Das liegt daran, dass Maya nicht automatisch das richtige Mapping-Verfahren für das primitive Objekt verwendet. Nach Anwendung von Zylinder-Mapping, Kugel-Mapping und Box-Mapping auf die Objekte, wird die Textur auf den Objekten richtig dargestellt.

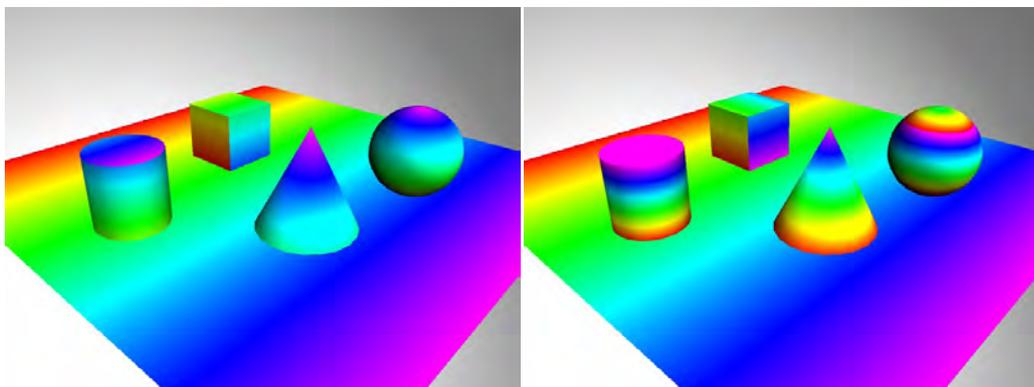


Abbildung 42 Texture-Mapping: vor (links) und nach (rechts) Anwendung von Zylinder-, Kugel-, und Box-Mapping

6.2.2 Bump-Mapping

Zur Darstellung reliefartiger Texturen wurde als Variante des Texture Mappings das sogenannte Bump-Mapping von James F. Blinn eingeführt [JBL78]. Die Geometriekomplexität des Objektes wird hierbei nicht erhöht. Die Idee des Bump-Mappings besteht darin, durch Variation der Oberflächennormale eine Oberflächenrauheit zu simulieren.

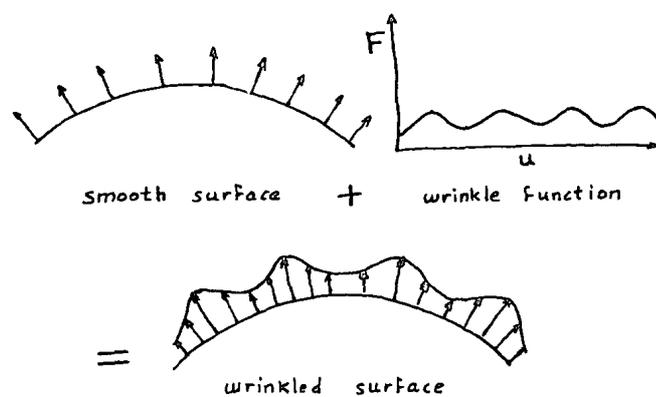


Abbildung 43 Funktionsweise des Bump-Mappings [JBL78]

Die Bump-Map (oder Height-Map) besteht dabei aus einer Textur, die in Graustufen vorliegt. Jeder Grauwert repräsentiert dabei eine bestimmte Höhe [ECG96, S. 197]. In Maya steht schwarz (1) für die tiefste Stelle und weiß (0) für die höchste Stelle. Die folgende Abbildung 44 zeigt eine Beispielszene mit und ohne dem Einsatz von Bump-Mapping.

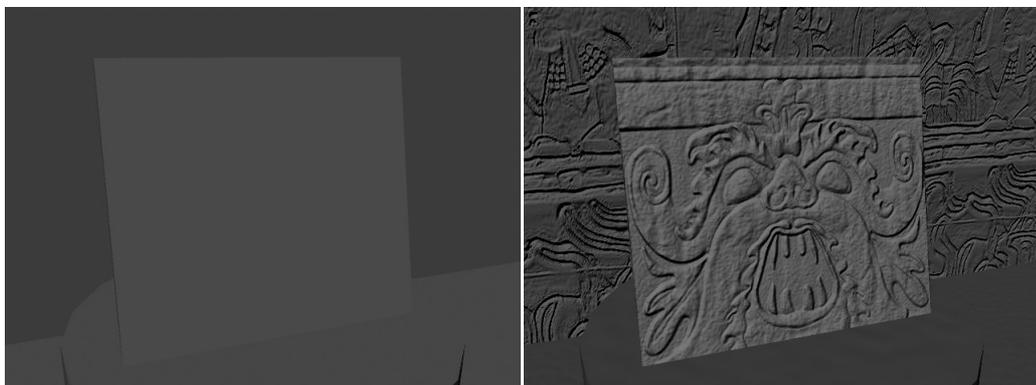


Abbildung 44 Beispielszene ohne (links) und mit (rechts) Bump-Mapping

6.2.3 Displacement-Mapping

Displacement-Mapping ist ein weiteres Verfahren, Oberflächen um detaillierte Strukturen zu ergänzen. Das bereits vorgestellte Bump-Mapping ermöglicht nur die Darstellung von Strukturen mit niedriger Frequenz, während es zur Simulation von großen Verschiebungen und Selbstverdeckung ungeeignet ist. Im Gegensatz zum Bump-Mapping Verfahren wird beim Displacement-Mapping nicht das Erscheinungsbild der Oberfläche verändert, sondern direkt die Geometrie des Objektes. Aufgrund dieser zusätzlichen Geometrie ist Displacement-Mapping die rechenintensivste Mapping-Technik. Es entstehen jedoch auch große Vorteile: Durch die veränderte Geometrie bleibt die Struktur auch aus einem flachen Betrachtungswinkel erhalten. Dies wirkt sich vor allem positiv auf den realistischen Schattenwurf aus.

Beim Displacement-Mapping werden die Informationen über die Struktur der darzustellenden Oberfläche einem Height Field entnommen. Mit dem aus dem Height Field gewonnenen Höhenwert wird nun jeder Vertex der Originaloberfläche entlang seiner Normalen um diesen Höhenwert verschoben [DPM]. Voraussetzung für dieses Verfahren ist die detaillierte Unterteilung der zugrunde liegenden Oberfläche an den entsprechenden Stellen (Abbildung 45).

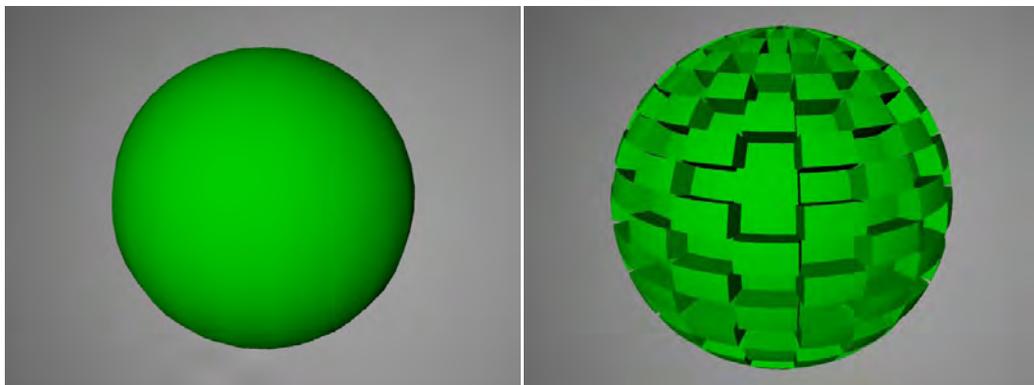


Abbildung 45 Beispielszene ohne (links) und mit (rechts) Displacement-Mapping

6.2.4 Environment-Mapping

Das letzte hier vorgestellte Mapping Verfahren, ist das Environment- oder Reflection-Mapping. Es wird zur einfachen Realisierung von Spiegelungen auf einem Objekt eingesetzt, ohne dabei den Aufwand von Raytracing zu nutzen (Vgl. Kapitel 5.5.2). Damit eignet es sich vor allem für Echtzeitberechnungen. „Beim Environment-Mapping wird die Umgebung eines Objekts, die sich in dem Objekt spiegeln soll, zunächst auf eine das Objekt umgebende Sphäre (abhängig vom Verfahren) projiziert, die dann als zweidimensionale Texture-Map betrachtet wird [ECG96, S. 199]“. Vereinfacht ausgedrückt wird dann der Sichtstrahl des Beobachters per Reflexionsgesetz über die Oberflächennormale gespiegelt. Der dabei errechnete Reflexionsvektor bestimmt den Index auf der Umgebungstextur (Environment Map).

Für die Beispielszene (Abbildung 46) wurde eine Teekanne erstellt und eine „*Environmental Sphere*“ mit einer Textur der Fachhochschule Köln verknüpft. Die „*Environmental Sphere*“ wird nun über den Hypershade Editor mit dem Phong-Material der Teekanne als „*reflected Color*“ verknüpft. Maya verwendet nun „*Environmental Sphere Mapping*“ um die Spiegelungen darzustellen. Neben „*Sphere Mapping*“ unterstützt Maya auch „*Cube Mapping*“.



Abbildung 46 Beispielszene ohne (links) und mit (rechts) Environmental-Mapping

6.3 Shading

Die Kapitel über lokale und globale Beleuchtungsmodelle haben die verschiedenen Möglichkeiten aufgezeigt, wie einzelne Punkte eines Objektes beleuchtet werden und wie die Licht-Wechselwirkung aller Objekte der Szene abläuft. Wie allerdings Reflexionen und Transparenz dargestellt werden können, wird in diesem Kapitel geklärt. Das Kapitel beschreibt den Begriff des Shadings und erklärt kurz die drei wichtigsten Shading Modelle. Abschließend wird am Beispiel der Erstellung eines Holz-Shaders der Arbeitsprozess in Maya aufgezeigt.

6.3.1 Grundlagen des Shadings

Beleuchtung und Shading (Schattierung) sind eng miteinander verbunden. Von David Kirk, Wissenschaftler bei der Firma nVidia, stammt der Satz: *„Beleuchtung ist der Helligkeitswert, während es beim Shading um Reflektionen und/oder Lichtdurchlässigkeit geht“* [NVA]. Während sich die Beleuchtung damit beschäftigt, woher das Licht kommt und mit welcher Intensität es auf die Oberfläche trifft, beschreibt das Shading, wie das Material der Oberfläche auf das Licht reagiert. Das Shading umfasst sowohl die Auswahl eines geeigneten lokalen Beleuchtungsmodells, als auch die Entscheidung, in welchen Punkten billigere Interpolationsverfahren eingesetzt werden sollen [ECG, S. 154]. Die drei gängigsten Verfahren sind das Flat Shading, das Gouraud Shading und das Phong Shading (Abbildung 47).

Das Flat Shading beschreibt den einfachsten Ansatz. Das lokale Beleuchtungsmodell wird in nur einem Punkt des Polygons angewandt. Der daraus ermittelte Wert wird dann für das komplette Polygon übernommen [ECG, S. 155]. Durch diese starke Vereinfachung können an

Kanten starke Intensitätssprünge entstehen. Diese können durch den auftretenden „Mach-Band-Effekt²⁷“ noch verstärkt werden.

Das Gouraud Shading interpoliert die Intensitäts- bzw. Farbinformationen anhand der Oberflächennormalen der Vertices. Die Bildqualität beim Gouraud Shading ist höher als beim Flat Shading, jedoch tritt ein Verlust von besonders hohen oder niedrigen Intensitäten auf [ECG, S. 156]. Gouraud Shading ist auch heute noch in den meisten Hardwarelösungen implementiert und wird damit meistens bei Echtzeitanwendungen verwendet.

Im Gegensatz zum Gouraud Shading werden beim Phong Shading nicht die Intensitäten sondern die Normalenvektoren interpoliert. Mit Hilfe des lokalen Beleuchtungsmodells wird der Farbwert des Pixels für jeden Farbkanal bestimmt. Das Phong Shading liefert eine zum Teil erheblich bessere Qualität als das Gouraud Shading, was vor allem bei spiegelnden Reflexionen sichtbar der Fall ist [ECG, S. 158]. Aufgrund des deutlich höheren Aufwandes gegenüber dem Gouraud Shading wird das Phong Shading meist nur bei softwaremäßigen Implementierungen verwendet.

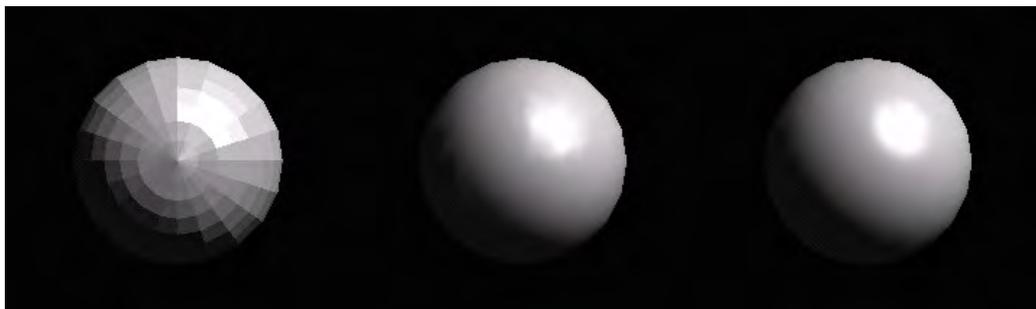


Abbildung 47 Von links nach rechts: Flat Shading, Gouraud Shading, Phong Shading

²⁷ Eine dunkle Fläche erscheint entlang einer Kante, an der sie auf eine hellere trifft, als noch dunkler. [MBE]

6.3.2 Erstellung eines Holz-Shaders in Maya

Es soll nun am Beispiel eines Holz-Shaders die Arbeitsweise bei der Shader-Erstellung in Maya gezeigt werden. Dieses Kapitel führt die grundlegenden Arbeitsschritte bei der Shader-Erstellung in Maya ein und soll den Leser auf die folgenden Kapitel vorbereiten.

Um realistisches Holz darzustellen, verwendet man als Grundlage am Besten ein Foto von Holz. Wenn keins vorhanden ist, kann man die Illusion auch dadurch erzeugen, dass man ein weniger passendes Bild, wie z. B. ein Rost-Bild durch geschickte Teilung der UV-Koordinaten (Texel Koordinaten) verwendet.

In Maya wird jetzt im Hypershade Editor, der über „*Window > Rendering Editor > Hypershade*“ aufgerufen wird, ein Blinn Material erstellt. Blinn ist ein lokales Beleuchtungsmodell, welches als Grundlage das Phong Beleuchtungsmodell verwendet. Die verwendete Textur wird jetzt mit dem Farb- und Bump-Attribut des Blinn Materials verbunden. Dadurch bekommt das Material die Textur als Oberfläche zugewiesen. Die Verbindung mit dem Bump-Attribut sorgt für einen höheren Oberflächendetailgrad und sorgt so für etwas „Tiefe“. Rendert man an dieser Stelle, bekommt man das in Abbildung 48 dargestellte Ergebnis.



Abbildung 48 (links) Rendering Holz, (rechts) verwendete Einstellungen

Das Ergebnis sieht zwar auf den ersten Blick nicht schlecht aus, bei genauerem Hinsehen fällt jedoch auf, dass das Glanzlicht für Holz zu stark ausgeprägt ist. Um ein realistisches Ergebnis zu erlangen, sind noch ein paar Einstellungen nötig. Neben der Anpassung des „*Specular Shadings*“ werden noch einige Einstellungen der Textur vorgenommen, um eine feinere Maserung zu erhalten (Abbildung 49).



Abbildung 49 (links) Finales Rendering Holz, (rechts) verwendete Einstellungen

6.4 Texturierung des Geländes

Nachdem die Grundlagen in Bezug auf Texturierung gelegt sind, wird nun das modellierte Gelände aus Kapitel 4.2 realistisch texturiert. Zu beachten gilt es hierbei, dass sich das Gelände aus unterschiedlichen Vegetationsabschnitten zusammensetzen soll, die unterschiedlich texturiert werden müssen. Neben dem abgesetzten Bereich, der später durch Wasser ergänzt werden soll, muss der angrenzende Bereich eine Grastextur bekommen. Der hintere Teil des Geländes soll wenig Vegetation bieten und felsig wirken.

6.4.1 Anforderungen an die Oberfläche

Um realistische Ergebnisse zu erzielen, müssen zwei entscheidende Dinge beachtet werden. Erstens muss ein geeignetes Beleuchtungsmodell für die Oberfläche des Geländes gewählt werden. Daneben soll mit Hilfe

der vorgestellten Mapping-Techniken ein höherer Detailgrad der Oberfläche erreicht werden.

6.4.2 Umsetzung der Techniken in Maya

Um das Gelände in mehreren Abschnitten zu texturieren, bietet Maya das „*3D Paint Tool*“ an, welches es erlaubt, Bereiche der Oberfläche direkt „per Hand“ zu bemalen. In unserem Falle dient das „*3D Paint Tool*“ jedoch nur dem Zweck eine Maske zu erstellen, die für den endgültigen Shader verwendet wird. Zu Beginn wird dem Gelände als Material ein Lambert zugewiesen. Lambert wird hier verwendet, da es sich um eine matte, nicht reflektierende Oberfläche handelt. Danach erfolgt über „*Rendering > Texturing > 3D Paint Tool*“ die Auswahl des Werkzeugs. Dem Gelände wird über „*Tool Settings > File Texture > Assign / Edit Textures*“ eine Textur zugewiesen. Diese Textur dient nachher als Maske. Nun wird der Bereich „angestrichen“, welcher im späteren Verlauf die Felsen darstellen soll. Dieses Verfahren wird wiederholt, mit dem Unterschied, dass diesmal das Gelände bemalt wird, welches die Grasfläche zeigen soll (Abbildung 50).

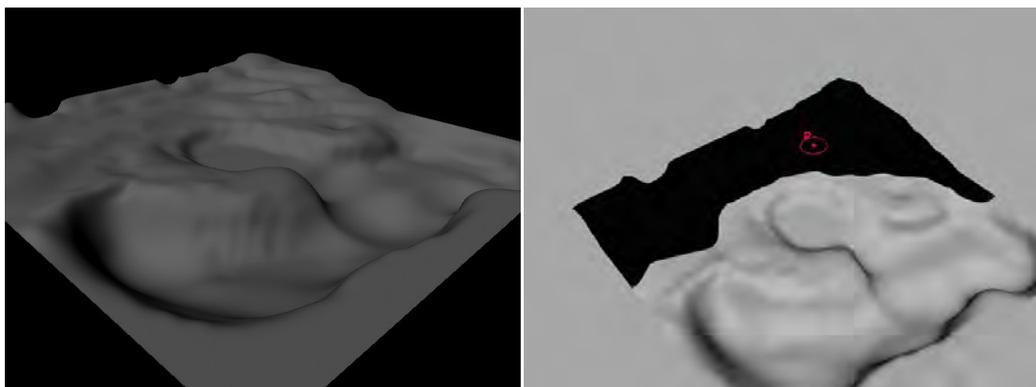


Abbildung 50 (links) modelliertes Terrain, (rechts) mit 3D Paint Tool markierter Bereich

Ist dies geschehen, werden die erstellten Lambert Shader gelöscht, da nur die Texturen (Masken) gebraucht werden. Jetzt wird ein weiterer Lambert Shader erstellt und dieser mit einer Layered Texture verbunden. Die Layered Texture erlaubt es mehrere Texturen miteinander zu verbinden

und diese über verschiedene Funktionen miteinander zu vermischen. In der Layered Texture werden jetzt drei verschiedene Farben erstellt. Jeweils eine für Gras, Felsen und Schlamm. Die Masken werden danach mit dem „Alpha Kanal“ der drei Farben verknüpft und mit der Funktion „blend“ (vermischen) versehen. Das bewirkt, dass sich die drei Bereiche nun miteinander vermischen (Abbildung 51).

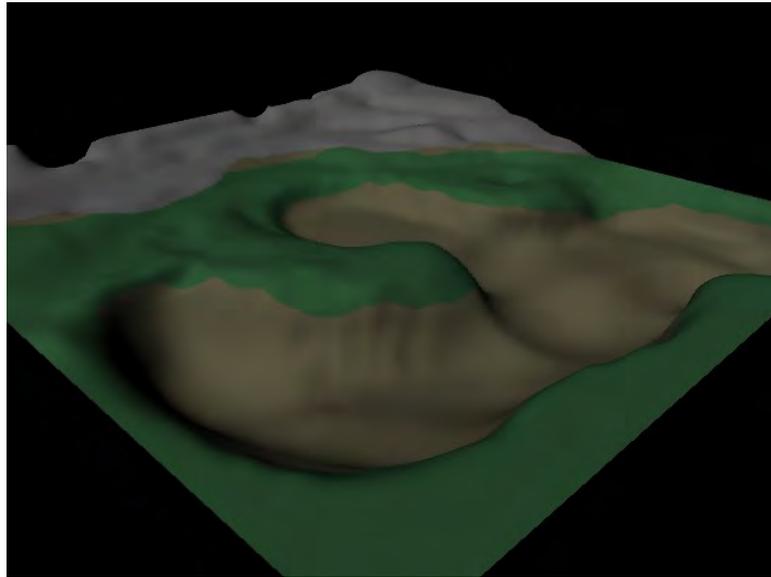


Abbildung 51 Texturiertes Gelände in der Rohfassung

Das Gelände wirkt zu diesem Zeitpunkt noch nicht realistisch. Um dies zu ändern, werden drei Shader für Gras, Felsen und Schlamm erstellt. Da es sich um matte, nicht reflektierende Oberflächen handelt wird wieder ein Lambert Shader verwendet. Die einzelnen Shader werden jetzt mit Texturen für Gras, Felsen und Schlamm verknüpft. Danach wird die verwendete Textur auch als Bump-Map genutzt. Abschließend werden die Wiederholungen der Texturen erhöht, um einen größeren Detailgrad zu erlangen. Das Gelände ist nun fertig texturiert und kann mit den bereits vorgestellten Techniken der Modellierung „bepflanzt“ werden. Das erstellte Shader-Netzwerk sowie das Ergebnis zeigen Abbildungen 52 und 53.

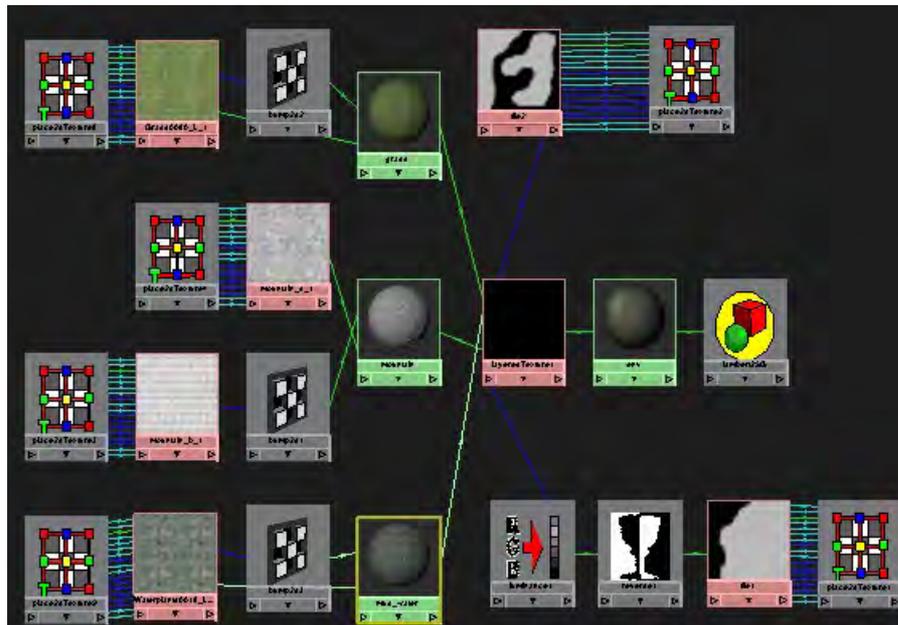


Abbildung 52 Shader-Netzwerk des Geländes

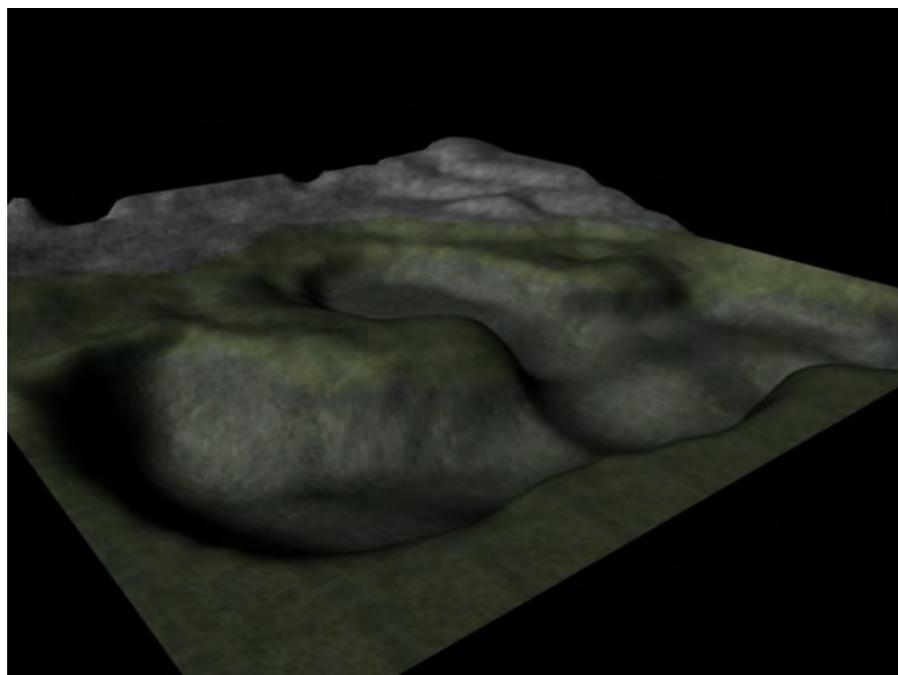


Abbildung 53 Fertig texturiertes Gelände

6.5 Reproduktion von Wasser

Der nächste Schritt besteht darin, das modellierte und texturierte Gelände um eine Wasserfläche zu ergänzen. Zu Beginn des Kapitels wird auf die physikalischen Eigenschaften von Wasser eingegangen und erklärt, worauf bei der Erstellung zu achten ist. Danach erfolgt ein kurzer Einblick in das Modul Maya Fluids, mit welchem die Wasseroberfläche erzeugt wird. Zuletzt wird die Erstellung des Wasser Shaders erklärt.

6.5.1 Eigenschaften von Wasser

Um fotorealistisches Wasser zu simulieren, muss man verstehen, wie Wasser sich in der Natur verhält. Es gibt viele unterschiedliche Sorten von Wasser. Das Aussehen des Wassers hängt davon ab, wie groß und wie tief das „Wasserbehältnis“ ist (man vergleiche eine Pfütze mit einem See). Daneben spielen Wetter, Umgebung, Verschmutzung und andere Faktoren eine Rolle. Um realistisches Wasser nachzubilden, muss man es also im Kontext der Szene sehen und dementsprechend anpassen.



Abbildung 54 Wasser in der Aggertalsperre [ATS]

Für unsere Beispielszene soll ein kleiner See erstellt werden. Als Vergleich dient das Wasser aus Abbildung 54. Da es sich bei einem See um ein stilles Gewässer handelt, treten hier keine größeren Wellenbewegungen auf. Lediglich der Wind ist dafür verantwortlich, dass sich die Wasseroberfläche leicht kräuselt und vereinzelte Wellen auftreten. Auffällig in Abbildung 54 sind vor allem die Reflexionen an der Wasseroberfläche: Wasser ist transparent und bei direktem Lichteinfall stark reflektierend. Abhängig vom Betrachtungswinkel, kann man durch das Wasser durchsehen oder es wirkt wie ein Spiegel. Diese Eigenschaften gilt es nun bei der Reproduktion von Wasser zu berücksichtigen.

6.5.2 Maya Fluids

Maya Fluids ist ein Modul, mit dem realistische Simulationen von flüssigen Stoffen möglich sind [AUT]. Durch die große Anzahl an Einstellungsmöglichkeiten lassen sich eine Vielzahl von Effekten erzielen, die von 2D- und 3D -atmosphärischen, -pyrotechnischen oder -zähflüssigen Stoffen ausgehen. So lassen sich zum Beispiel Flammen, Explosionen, Wolken oder Rauch fotorealistisch generieren (Abbildung 55). Das Hauptanwendungsgebiet von Maya Fluids ist die physikalische Simulation bestimmter Abläufe (z.B. Simulationen im Windkanal).

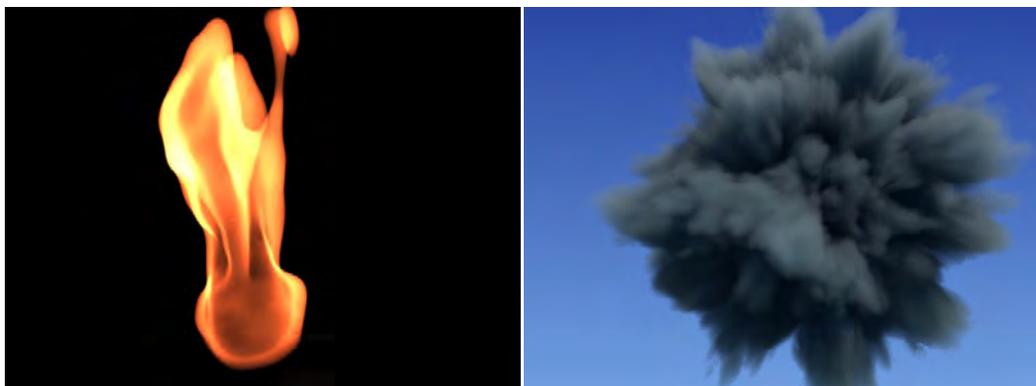


Abbildung 55 Maya Fluid Effekte: (links) Flamme, (rechts) Explosion

Aber auch für die Erstellung von fotorealistischen Renderings können Fluids verwendet werden. Für unsere Szene ist die Erstellung eines Ozeans mittels Fluids ein komfortabler Weg, eine realistische Wasseroberfläche zu erzeugen. Über die vielen Einstellungsmöglichkeiten kann man Werte wie Wellengeschwindigkeit, Windgeschwindigkeit oder Wellenschaum den Anforderungen der Szene bequem anpassen. Man kann sich Fluids aber für weniger geeignet erscheinende Probleme zu Nutze machen. Die Oberfläche eines stürmischen Ozeans kann zum Beispiel dafür genutzt werden, eine Gebirgslandschaft darzustellen (Abbildung 56).

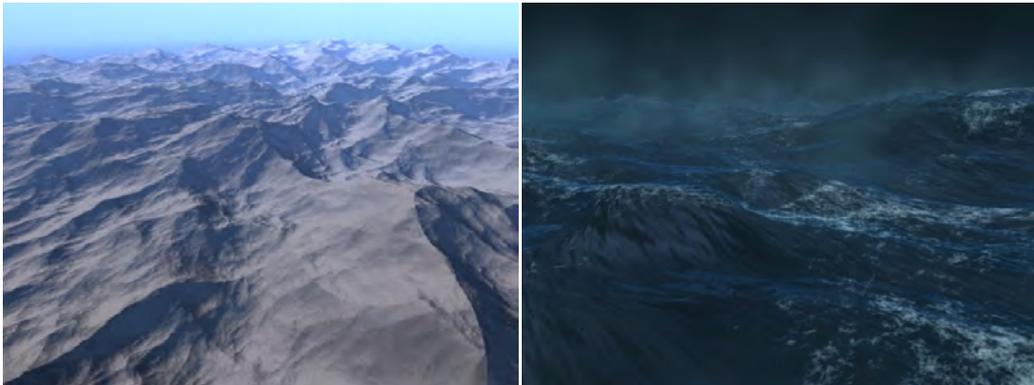


Abbildung 56 (links) Maya Fluid Gebirge, (rechts) stürmischer Ozean

6.5.3 Umsetzung der Techniken in Maya

Nachdem die Grundlagen in Bezug auf Maya Fluids gelegt sind, wird in diesem Kapitel die Wasseroberfläche mit Fluids erstellt. Zwar ist es möglich, die Wasseroberfläche auch mit einer Displacement-Map zu erstellen, jedoch bietet sich die Erstellung über Fluids an. Mit ihnen ist es möglich, viel individueller auf die Anforderungen der Szene zu reagieren. Die Reproduktion von Wasser wird in zwei Schritten behandelt. Zuerst wird über Fluids eine Oberfläche erstellt. Im zweiten Schritt wird ein Wasser-Shader erstellt, der dann mit der Oberfläche verknüpft wird.

Die Erzeugung einer 2D Fluid Oberfläche in Maya ist aufgrund der vorhandenen Voreinstellungen für Wasser ein unkomplizierter Vorgang. Um eine 2D „Fluid“ Oberfläche zu erzeugen, wird über „*Dynamics > Fluid Effects > Ocean > Create Ocean*“ ein „2D Fluid-Ozean“ erzeugt. Jetzt müssen nur noch die Einstellungen für Wellengeschwindigkeit, Wellengestalt und Windgeschwindigkeit dem Szenario eines ruhigen Sees angepasst werden. Abschließend wird die erstellte Oberfläche in eine Polygonfläche konvertiert.

Nachdem die Oberfläche erstellt ist, erfolgt der zweite Schritt, um realistisches Wasser zu erzeugen. Der Ozean-Shader, der bisher mit der erstellten Oberfläche verknüpft ist, erfüllt nicht die Anforderung für ein fotorealistisches Rendering. Daher wird ein speziell für Mental Ray mitgelieferter Shader verwendet: „*mia_material*“²⁸. Die Anpassungen des verwendeten Shaders werden im Folgenden nun detailliert erklärt.

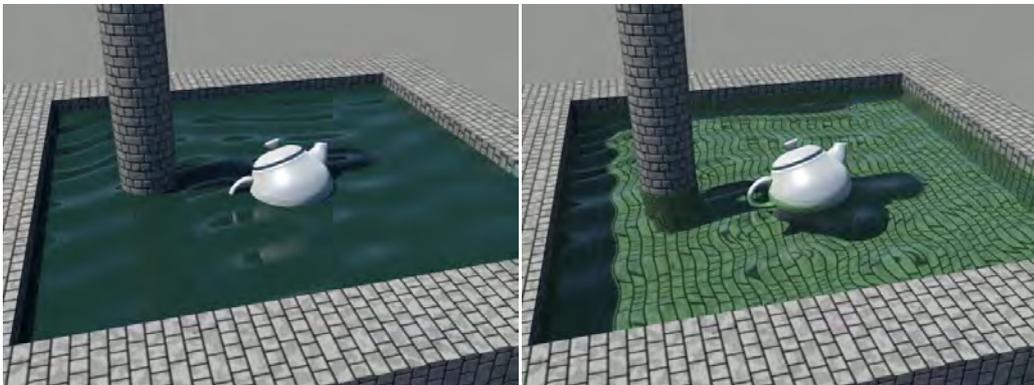


Abbildung 57 Mia_material-Wasser Voreinstellungen

Zu Beginn wird der Hypershade Editor geöffnet und über „*Create > Mental Ray materials > mia_material*“ ein *mia_material*-Shader erstellt. Dieser wird selektiert und über „*Presets > Water > Replace*“ die Voreinstellungen für Wasser geladen. Dadurch sind die wichtigsten Werte, wie der Brechungsindex von Wasser, bereits richtig eingestellt. Nach

²⁸Ein speziell für „Mental Ray“ mitgelieferter Shader, mit dem die meisten festen Materialien (Metall, Glas, Holz, etc.) nachgebildet werden können. [MIA]

einem Rendering (Abbildung 57, links) erkennt man, dass die Reflexionen zwar richtig dargestellt werden, man jedoch nicht durch das Wasser hindurchsehen kann.

Das liegt daran, dass die Voreinstellungen des Shaders für Ozeanoberflächen ausgelegt sind. Der einfachste Weg, um durch das Wasser zu sehen, besteht darin, die Transparenz des Shaders zu erhöhen. Dies hat jedoch zur Folge, dass die Übergänge an der Kachel-Textur sehr scharf dargestellt werden (Abbildung 57, rechts), was nicht realistisch ist. Betrachtet man die Teekanne, so wirkt es, als ob diese über das Wasser „fliegen“ würde. Es muss also ein anderer Weg gefunden werden das Wasser transparent erscheinen zu lassen. Mia_material bietet für diese Problemstellung viele Einstellungsmöglichkeiten in Bezug auf Brechkraft (refraction) und Reflexion (reflection). Hiermit ist es möglich, den angestrebten Effekt zu simulieren und so fotorealistisches Wasser darzustellen (Abbildung 38).

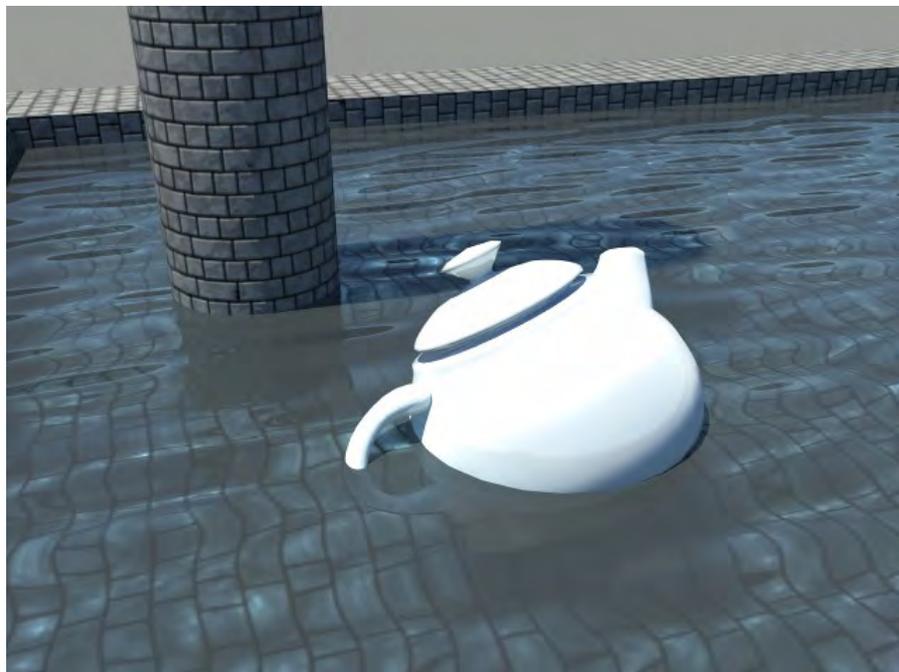


Abbildung 58 Mia_material Wasser, mit angepassten Werten

6.5.4 Abgleich mit den Anforderungen

Durch das Zusammenspiel von Fluid Oberflächen und einem mia_material-Shader ist es möglich, fotorealistische Ergebnisse von Wasser zu erzeugen. Die Schwierigkeit, die sich bei der Reproduktion von Wasser ergibt, liegt in den komplizierten Anpassungen des Shaders. Abhängig von der Art des Szenarios, muss in den Shader-Einstellungen darauf reagiert und Anpassungen vorgenommen werden. Die von Maya angebotene Voreinstellung von Wasser bietet jedoch eine gute Grundlage, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erzielen.

6.6 Reproduktion von Wolken

Das letzte Kapitel im Abschnitt Texturierung und Shading behandelt die Reproduktion von Wolken. Es wird der Ansatz verfolgt, „echte“ 3D Wolken über Maya Fluids zu erzeugen. Zu Beginn wird jedoch auf die Eigenschaften von Wolken eingegangen und damit die Anforderungen festgelegt.

6.6.1 Eigenschaften von Wolken

Eine Wolke ist eine Ansammlung von Wassertröpfchen, die in einem Abstand zur Erdoberfläche in der Atmosphäre schwebt. Wie bei bodennahem Nebel oder Dunst, handelt es sich um die sichtbaren Kondensationsprodukte des Wasserdampfs [BHA02]. Da eine Wolke aus Millionen von kleinsten Partikeln besteht, ist die Reproduktion in der Computergrafik äußerst schwierig und rechenintensiv. Aufgrund dieser Problemstellung gibt es Ansätze, Wolken mit Hilfe von überlagerten Texturen oder der Verwendung eines Shaders nachzubilden [SIG04]. Hierdurch entsteht jedoch ein entscheidender Nachteil. Wenn das Sonnenlicht auf eine Wolke trifft, wird es in abgeschwächter Form auf der Erdoberfläche ankommen. Hierdurch entstehen komplexe

Schattensituationen an der Erdoberfläche, die mit den beiden Methoden nur schwer nachgebildet werden können (Abbildung 59). Neben dem Schattenwurf ist die direkte Sonneneinstrahlung auf eine Wolke, eine schwierig nachzubildende Situation. Hierbei entstehen komplexe Reflexionen und Blendeffekte.



Abbildung 59 (links) Wolken [BMU], (rechts) Schattenwurf von Wolken [WFO]

6.6.2 Reproduktion in Maya

Es wird nun detailliert auf die Reproduktion von Wolken mit Hilfe von Maya Fluids eingegangen. Zu Beginn wird über „*Dynamics > Fluid Effects > Create 3D Container*“ ein Fluid Behälter erstellt. Dieser Behälter dient als Umgebung für die Fluid Partikel. Jetzt werden Auflösung und Größe des Behälters erhöht. Nachdem diese Grundeinstellungen getätigt sind, werden Farbe (ein Farbübergang von weiss nach schwarz) und Transparenz der Wolken eingestellt.

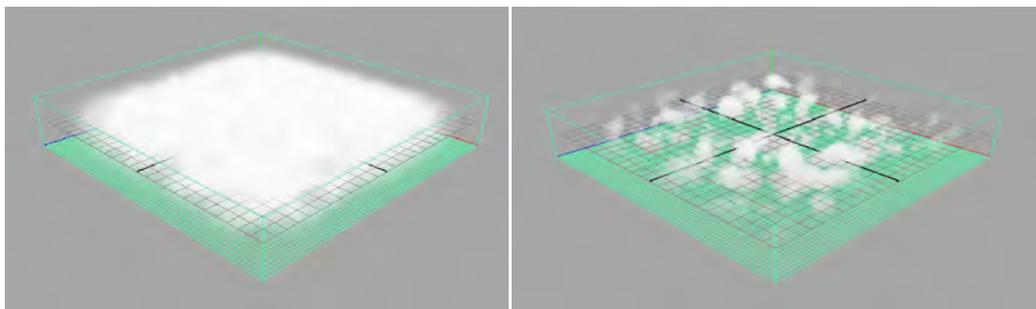


Abbildung 60 Fluid Container ohne (links) und mit Modifizierung der Deckkraft (rechts)

Über „*Opacity > Opacity Input > Constant*“ wird nun die Deckkraft der Wolken eingestellt. Im „Fluid Container“ erscheint jetzt ein einzige, große Wolke (Abbildung 60, links). Um aus dieser einen großen Wolke nun viele kleine zu erzeugen, werden über „*Textures > Texture Type > Perlin Noise*“ und die Einstellungen der Deckkraft (*Opacity*) die Struktur und Größe der Wolken eingestellt. So ist es möglich von der Gewitterwolke bis hin zur Schäfchenwolke jede Art von Wolke realistisch nachzubilden (Abbildung 60, rechts).

6.6.3 Abgleich mit den Anforderungen

Das vorangegangene Kapitel hat gezeigt, dass es mit Hilfe von Maya möglich ist, fotorealistische Wolken zu erzeugen. Aufgrund der vielen kleinen Fluid Partikel ist auch die Darstellung realistischer Schatten und Blendeffekte ohne Weiteres möglich. Dieses Höchstmaß an Realismus schlägt sich jedoch in einer sehr hohen Renderzeit nieder. Abbildung 61 zeigt nun eine Gegenüberstellung von echtem Foto und Reproduktion.



Abbildung 61 Vergleich zwischen echtem (links) und nachgebildeten Wolke (rechts)

7 Rendering

In diesem Kapitel wird die fertig modellierte Szene für das Rendering vorbereitet. Zuerst wird beschrieben, wie der Renderingprozess konkret abläuft. Danach wird die fertige Szene „aufgeräumt“, um Fehler zu vermeiden, die zu verlängerten Renderingzeiten nführen können. Dabei wird auch das Rendern über die Kommandozeile erläutert. Abschließend wird die Wahl des Renderers getroffen und wichtige Einstellungen kurz erklärt.

7.1 Der Renderingprozess

Der Begriff des renderns (engl. etwas machen, leisten) beschreibt in der 3D Computergrafik die Erzeugung eines zweidimensionalen Bildes aus einer dreidimensionalen Szene. Das zweidimensionale Bild kann dann auf einem Ausgabegerät, z.B. auf einem Bildschirm ausgegeben werden. Die eigentliche Funktionsweise des jeweiligen Renderers wird dabei über die sogenannte Rendering-Pipeline beschrieben. Diese stellt eine Sequenz von einzelnen Bearbeitungsschritten dar (Abbildung 62) [ECG, S. 193].

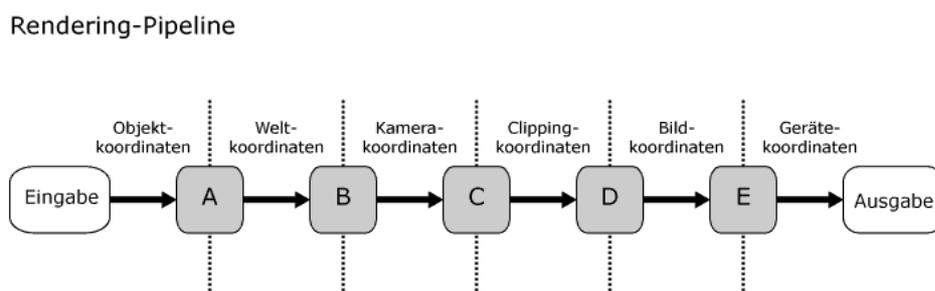


Abbildung 62 Rendering Pipeline eines Raytracers [DMA]

7.2 Optimierung der Szene

Rendering stellt den letzten Schritt in Richtung der angestrebten fotorealistischen Außenbereiche dar. Wer jedoch „einfach drauf los rendert“ kann böse Überraschungen erleben. Nicht mehr benötigte Konstruktionsprotokolle (*history*), überflüssige Knoten oder unnütze Geometrie können den Renderer in seiner Geschwindigkeit bremsen oder sogar dazu führen, dass er mitten in der Berechnung abstürzt. Eine einfache Art die angesprochenen Probleme zu lösen, bietet Maya über „*File > Optimize > Scene Size*“ [ATL06]. In den Standardeinstellungen werden hierdurch ungebrauchte Kurven, Materialien, Gruppen oder Lagen entfernt. Braucht eine Szene ungewöhnlich lange zum Rendern, kann über „*Render > Render Diagnostics*“ der Script Editor geöffnet werden, welcher Vorschläge zur Optimierung bietet (Abbildung 63).

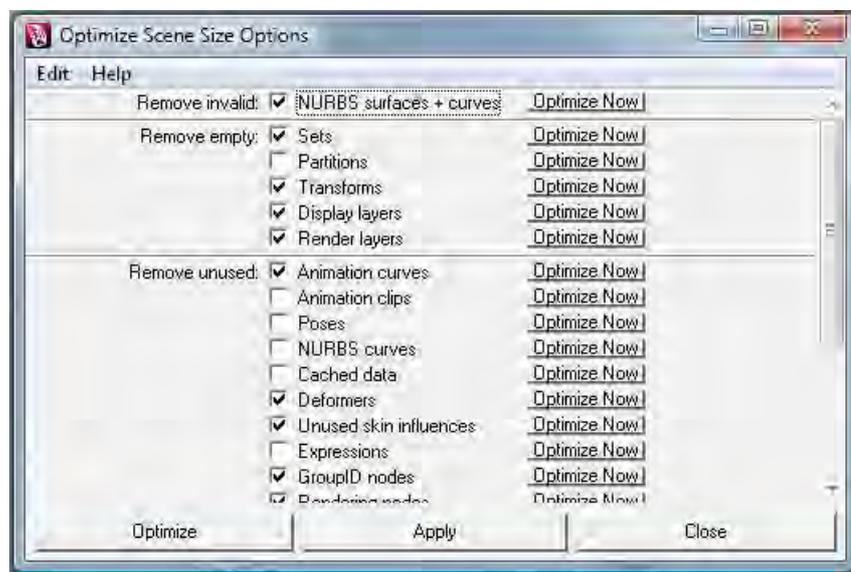


Abbildung 63 Optimierungsoptionen im Überblick

Um Arbeitsspeicher (Maya2008 verbraucht ca. 300Mb) und damit Rendering-Zeit zu sparen, bietet es sich an, den Renderingprozess nicht direkt in Maya, sondern über die Kommandozeile des Betriebssystems auszuführen. Dazu startet man die Eingabeaufforderung und wechselt in

das Verzeichnis, in dem die Projekt-Dateien im *.mb* oder *.ma* vorliegen. Der Renderer wird jetzt über folgenden Befehl gestartet:

```
render -n 0 -s 1 -im est -cam camera1 -rd c:\maya\test test.mb -r mr
```

Dieses Kommando besagt, dass Maya alle verfügbaren Prozessoren benutzen soll (-n 0), bei Frame1 anfängt (-s 1), Kamera „camera1“ benutzt (-cam camera1), die Bilddateien im Verzeichnis c:\maya\test\ speichert (-rd c:\maya\test test.mb) und als Renderer „Mental Ray“ benutzt wird (-r mr).

7.3 Anforderungen an den Renderer

Die Wahl des Renderers spielt eine entscheidende Rolle. Nicht jeder Renderer implementiert Berechnungen der globalen Beleuchtung wie die bereits angesprochenen Verfahren des Final Gatherings oder des Photon Mappings. Es gilt also vorher abzuklären, wie die globale Beleuchtung am besten realisiert werden kann und ob Effekte wie Kaustiken („caustics“) oder Bewegungsunschärfe („motion blur“) in die Bildsynthese einfließen könnten. Neben der Implementation von Verfahren zur Beleuchtungsberechnung oder Darstellung von Effekten, spielt die Zeit, die ein Renderer zur Berechnung eines Bildes benötigt eine weitere wichtige Rolle.

Für das Rendering des Außenbereichs werden nun anhand der Ergebnisse der vorangegangenen Kapitel verschiedene Anforderungen festgehalten: Der Renderer muss Objekte vom Typ Fur, PaintEffects und Fluids darstellen können. Es muss sich um einen Renderer handeln, der Raytracing berechnen kann. Außerdem muss er in der Lage sein, erweiterte Methoden des Raytracings wie Final Gathering und Photon Mapping anzuwenden. Maya bietet standardmäßig Maya Software, Maya Hardware, Maya Vector und Mental Ray als Renderer an.

7.3.1 Gegenüberstellung von Mental Ray und Maya Software

An dieser Stelle sollen noch einmal kurz die wichtigsten Eigenschaften von Mental Ray und Maya Software zusammengefasst werden.

Methoden / Effekt	Mental Ray Unterstützung	Maya Software Unterstützung
Fur / Hair	ja	ja
Paint Effects	nein	ja
Fluid Effects	ja	ja
Displacements	ja	ja
Raytracing	ja	ja
Image Based Lighting	ja	nein
Final Gathering	ja	nein
Global Illumination	ja	nein
Photon Mapping	ja	nein
Kaustiken	ja	nein

Tabelle 1 Gegenüberstellung des Mental Ray- und Maya Software Renderers

Mental Ray unterstützt bis auf Paint Effects alle wichtigen Methoden und Effekte für das Rendern der Szene. Paint Effects können jedoch in Polygone konvertiert werden, so dass auch sie von Mental Ray dargestellt werden können. Maya Software Renderer verfügt außer reinem Raytracing über keinerlei Verfahren, komplizierte Beleuchtungssituation darzustellen. Für das abschließende Rendering wird somit Mental Ray verwendet.

7.4 Rendering Einstellungen

Nachdem sich für Mental Ray als Renderer entschieden wurde, beschreibt dieses Kapitel, welche Einstellungen für die globalen Rendereinstellungen zu wählen sind.

Die globalen Rendereinstellungen, welche über „*Window > Rendering Editors > Render Settings*“ aufgerufen werden, ermöglichen viele Einstellungen, um die Qualität des Bildes zu erhöhen. Nachdem Mental

Ray über „*Render Using > Mental Ray*“ ausgewählt ist, muss eingangs das Format des zu rendernden Bildes und dessen Auflösung eingestellt werden. Aufgrund der verlustfreien Komprimierung und einer Farbtiefe von bis zu 32bit, bietet sich „Targa“ („Truevision Advanced Raster Graphics Array [TGA]“) als Bildformat an. Die Bilder sollen in einer Auflösung von 1024*768 Pixeln gerendert werden. Aufgrund der veränderten Auflösung und der damit verbundenen Änderungen des Seitenverhältnisses zu 4:3 (1.33), muss dies auch in den Kameraeinstellungen über „*Film Back > Film Gate > 35mm TV Projection*“ berücksichtigt werden.

Nachdem Format und Auflösung gewählt sind, geht es nun darum, die Einstellungen von Mental Ray zu bearbeiten um eine gute Qualität zu erreichen. Um unerfahrenen Nutzern das Leben zu erleichtern, gibt Mental Ray eine Reihe von Voreinstellungen vor. Je nach Anforderung können hier bequem fertige Einstellungen für Voransichten oder Produktionsqualität übernommen werden (Abbildung 64).

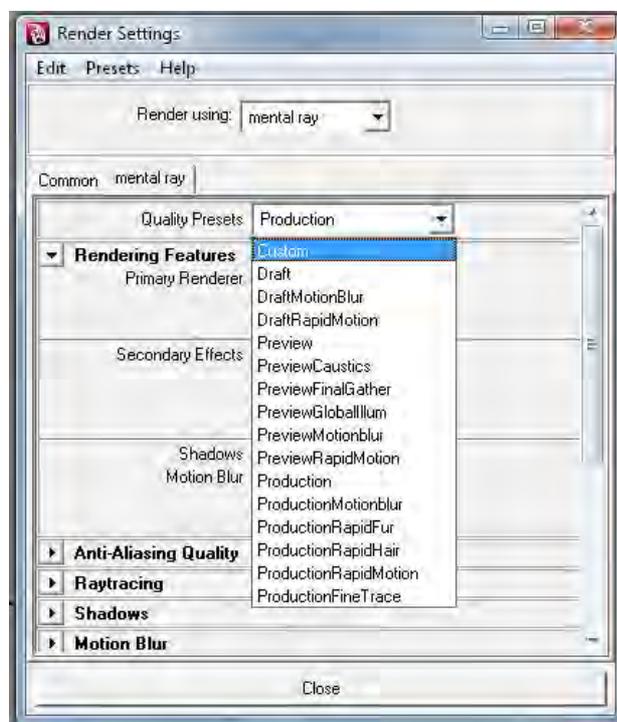


Abbildung 64 Mental Ray Voreinstellungen

Mit der Voreinstellung „*Production*“ sind bereits die wichtigsten Einstellungen für bestmögliche Qualität eingestellt. An einigen Punkten muss jedoch nachgebessert werden:

Anti Aliasing Quality: Antialiasing bezeichnet Techniken, die zur Verminderung von unerwünschten Alias-Effekten oder Treppeneffekten führen [ECG96, S. 37]. Diese Einstellung dient der Kantenglättung (Abbildung 65). Um eine möglichst genaue Darstellung der vielen, dünnen Grashalme in der Szene zu erreichen, werden die Sampling Werte erhöht. Neben den erhöhten Sampling Werten wird die Filter Methode auf „Mitchell“ geändert.

Raytracing: Über die Einstellungen vom Raytracing lassen sich die Anzahl der Reflexionen und Lichtbrechungen eines ausgesandten Strahls anpassen. Die Standardeinstellungen sind für Szenen mit vielen Objekten ausgelegt und daher zu hoch. Die Einstellungen werden verringert, was sich positiv auf die Renderzeit auswirkt.

Final Gathering: Bei den Einstellungen des Final Gatherings sollte in zwei Schritten vorgegangen werden. Beim ersten Rendern sollte der Wert der erzeugten Sekundärstrahlen sehr gering gewählt werden. Wenn man mit dem Ergebnis zufrieden ist, kann der Maximalwert von 1024 gewählt werden.

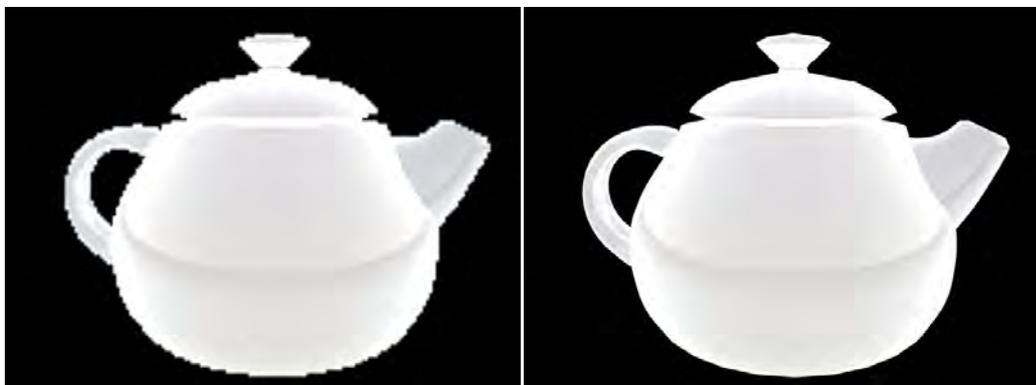


Abbildung 65 Antialiasing am Beispiel einer Teekanne

8 Finale Renderings

Unter Berücksichtigung der vorgestellten Anforderungen und Ergebnisse wurde eine Szene erstellt, die einen Außenbereich zeigt. Die gezeigte Grasfläche besteht im vorderen Teil des Bildes aus „Paint Effects“ Gras. Im hinteren Teil wurde das Gras über „Maya Fur“ erstellt. Das Gelände wurde über das „*Sculpt Surface Tool*“ erstellt. Das Gebirge im Hintergrund wurde über die beschriebene Technik in Kapitel 4.2 erstellt. Die Wolken sind „echte“ 3D Wolken, welche über Fluids erzeugt wurden. Der Baum wurde ebenfalls über „Paint Effects“ erstellt.

Die finalen Renderings (Abbildungen 66-68) zeigen die Szene zu unterschiedlichen Lichtsituationen.



Abbildung 66 Finales Rendering - Mittags



Abbildung 67 Finales Rendering - Nachmittags



Abbildung 68 Finales Rendering - Sonnenuntergang

9 Schlussfolgerung

Im letzten Kapitel werden die erreichten Ziele beschrieben und mit der ursprünglichen Themenstellung verglichen. Die Ergebnisse werden kritisch betrachtet und aufgezeigt, wo Probleme entstanden.

9.1 Fazit

Um diese Arbeit abzuschließen, werden die erledigten Aufgaben, die in der Themenstellung festgelegt wurden, beschrieben und die Ergebnisse und Probleme bei der Erfüllung der Aufgaben erklärt.

Die erste Aufgabe bestand darin, ein „nacktes“ Gelände zu modellieren. Zur Gestaltung im dreidimensionalen Raum ist zu sagen, dass es sich um einen komplizierten und aufwändigen Prozess handelt, der stark von der Erfahrung abhängig ist. So müssen bestimmte Abläufe perfektioniert und immer neue Möglichkeiten gesucht werden, das gewünschte Ziel zu erreichen. Nur so ist man in der Lage, seine Vorstellungen auch umzusetzen.

Nachdem das Gelände modelliert wurde, bestand die zweite Aufgabe in der Reproduktion der Vegetation an den Beispielen von Gras und Bäumen. An dieser Stelle stößt man als „reiner Modellierer“ schnell an seine Grenzen. Für die fotorealistische Reproduktion von vegetativen Objekten ist eine ausführliche Studie der zu modellierenden Objekte in der Natur unabdingbar. Ohne das genaue Wissen, wie diese Objekte in der Natur mit zum Beispiel der Sonne interagieren, ist eine fotorealistische Nachbildung nicht möglich. Anhand von Beispielszenen wurde gezeigt, dass es mit diesen Vorkenntnissen auf unterschiedliche Art und Weise möglich ist, Bäume und Gras fotorealistisch nachzubilden.

Nachdem alle Objekte der Szene modelliert waren, bestand die nächste Aufgabe darin, die Szene realistisch auszuleuchten. Es bestand die

Notwendigkeit die wichtigsten Begriffe zu diesem Thema erst theoretisch zu bearbeiten. Anhand der daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden dann die verschiedenen Verfahren zur globalen Beleuchtung in Maya angewandt. Durch Beispielszenen wurde eindrucksvoll gezeigt, dass mit Hilfe von Techniken wie Image Based Lighting oder Physical Sun and Sky fotorealistische Bilder von unterschiedlichen Szenarien oder Tageszeiten möglich sind. Die Aufgabe realistische Lichtverhältnisse in einer Szene zu erzeugen, hat sich im Nachhinein als die schwierigste herausgestellt. Im Gegensatz zur Modellierung von Objekten, wo Veränderungen direkt auf der Maya-Bühne sichtbar sind, müssen bei der Einstellung der globalen und lokalen Beleuchtung viele Testrenderings durchgeführt werden. Bis zu einem zufriedenstellenden Ergebnis erfolgten viele kleine Annäherungen.

Die letzte Aufgabe im gestalterischen Bereich umfasste die Reproduktion von komplexen Materialien wie Wolken und Wasser, sowie dem „Anstrich“ des Geländes. Die Texturierung des Geländes brachte im finalen Rendering einige Probleme mit sich. Der in Kapitel 5.3 erstellte Shader für das Gelände wurde über eine Layered Texture erzeugt. Es stellte sich im Nachhinein heraus, dass Mental Ray diese Art von Shader nicht wie gewünscht rendern kann: das Gelände wurde viel zu hell dargestellt. Auch eine nachträgliche Änderung des „Gelände-Shaders“ brachte keine Besserung. Das Gelände wurde daraufhin mit einem einheitlichen „Gras-Shader“ versehen.

Die Erstellung von Wasser und Wolken war dank der in Maya implementierten Methoden relativ leicht. Zwar stand auch hier zu Anfang die Beobachtung der Natur im Vordergrund, jedoch machten die von Maya angebotenen Werkzeuge es einfach, recht schnell gute Ergebnisse zu erzielen. Die Schwierigkeiten treten in diesem Prozessschritt erst bei der Abstimmung dieser Materialien auf die Szene ein. Vor allem beim Wasser fällt es deutlich auf, wenn selbst kleinste Details wie Farbe oder

Wellengang nicht realistisch sind. Die finalen Renderings zeigen aber, dass sich zum Beispiel die nachgebildeten Wolken nicht leicht von einem echten Foto unterscheiden lassen.

Beim abschließenden Kapitel Rendering bestand die Aufgabe darin, die fertige Szene in möglichst guter Qualität und mit so geringen Renderzeiten wie möglich zu erzeugen. Aufgrund von vielen kleinen Versuchsreihen und bereits gesammelter Erfahrung, wurden die endgültigen Bilder gerendert.

Zusammengefasst kann man sagen, dass die Erstellung von fotorealistischen Außenbereichen von drei Hauptfaktoren abhängt. Der erste Faktor ist die umfassende Kenntnis über die verwendete 3D Animationssoftware mit all ihren Möglichkeiten und Funktionen. Der zweite Faktor besteht aus den theoretischen Kenntnissen über die verwendeten Methoden. Der dritte und letzte Faktor beinhaltet ein ausführliches Wissen über die physikalischen Abläufe in der Natur.

Ich hoffe, dass diese Arbeit vielen Studenten und anderen Interessierten einen Einblick in den Produktionsprozess der Erstellung einer fotorealistischen, virtuellen Welt gegeben hat. Diese Arbeit soll Anreize geben, die vorgestellten Methoden auszuprobieren oder aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse neue Methoden zu entwickeln.

Literaturverzeichnis

Bücher

[BHA02] Der Brockhaus (2002): Neunte Auflage

[MAY07] Keywan Mahintorabi (2007): Maya 8 / 8.5 3D Grafik und 3D Animation

[ECG96] Hans Joachim Bungartz, Michael Griebel, Christoph Zenger (1996): Einführung in die Computergraphik

[ATL06] Lee Lanier (2006): Advanced Texturing and Lighting

[HDR08] Christian Bloch (2008): Das HDRI-Handbuch – High Dynamic Range Imaging für Fotografen und Computergrafiker

Artikel

[PRP] Florian Gebauer (2008) Praxisprojekt: Erstellung eines realistischen 3D Modells der Fachhochschule unter Verwendung von Autodesk Maya

[SIG04] SIGGRAPH 04 (2004): The Elements of Nature: Realistic and Interactive Techniques

[ITM07] Ping Tan, Gang Zeng, Jingdong Wang, Sing Bing Kang, Long Quan (2007) Image Based Tree Modelling

[APP68] A. Appel (1968): Some Techniques for Shading Machine Renderings of Solids

[WHI80] T. Whitted (1980): An Improved Illumination Model for Shaded Display

[RNL98] Paul Debevec (1998): Rendering with natural lights

[JBL78] James F. Blinn (1978): Simulation of Wrinkled Surfaces

[MAD] Maya Help

[MIA] (2006):Mental Ray – Architectural Library

Internetseiten

[VXS] http://de.wikipedia.org/wiki/Vertex_Shader
(28.12.2008)

[PXS] http://de.wikipedia.org/wiki/Pixel_Shader
(28.12.2008)

[FOT] <http://de.wikipedia.org/wiki/Fotorealismus>
(29.12.2008)

[WIT] <http://www.samui3d.com/3D/index.html>
(03.01.2009)

[WAB] <http://www.warnerbros.com/>
(03.01.2009)

[AUT] [http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?
siteID=123112&id=7635018](http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/index?siteID=123112&id=7635018)
(18.01.2009)

[IMM] [http://de.wikipedia.org/wiki/Immersion_\(virtuelle_Realit
%C3%A4t\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Immersion_(virtuelle_Realit%C3%A4t))
(14.01.2009)

[DMA] <http://www.dma.ufg.ac.at/app/link/Grundlagen:3D-Grafik>
(04.01.2009)

[MES] <http://de.wikipedia.org/wiki/Meshing>
(23.12.2008)

[LEF] <http://www.lens-flare.de/?action=home&page=2&keyword=&category=plants>
(01.02.2009)

[CGT] <http://www.cgtextures.com/>
(01.02.2009)

[PHH] http://www.photohomepage.de/galerien_reisefotografie_allgaeu
(02.02.2009)

[TRG] <http://www.treegenerator.com/>
(13.01.2009)

[TRF] <http://www.tree-factory.de/>
(13.01.2009)

[UNR] <http://www.unrealtechnology.com/>
(13.01.2009)

[TES] <http://de.wikipedia.org/wiki/Textursynthese>
(14.01.2009)

[LAM] http://de.wikipedia.org/wiki/Lambertsches_Gesetz
(08.01.2009)

[PBM] <http://de.wikipedia.org/wiki/Phong-Beleuchtungsmodell>
(08.01.2009)

[HDS] <http://www.hdrshop.com/>
(12.01.2009)

[JFB] <http://research.microsoft.com/en-us/people/blinn/>
(23.12.2008)

[TEX] [http://de.wikipedia.org/wiki/Textur_\(Computergrafik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Textur_(Computergrafik))
(18.01.2009)

[DPM] http://de.wikipedia.org/wiki/Displacement_Mapping
(18.01.2009)

[NVA] http://www.nvidia.com/object/bio_kirk.html
(17.01.2009)

[MBE] http://de.wikipedia.org/wiki/Machsche_Streifen
(21.01.2009)

[ATS] http://neu.aggertalsperre.com/index.php?option=com_rsgallery2&Itemid=49
(20.01.2009)

[WFO] <http://www.wetter-foto.de/images/011331.jpg>
(27.01.2009)

[BMU] <http://www.bmu.de/luftreinhaltung/aktuell/1704.php>
(27.01.2009)

[TGA] http://de.wikipedia.org/wiki/Targa_Image_File
(14.01.2009)

Erklärung

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht. Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Gummersbach, den Unterschrift:.....