



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Theorie der Visualisierungstechnik
im Kontext Architektur

Theory of Visualization in architectural Context

**ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des
akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von**

Gabriel Wurzer

Dipl.-Ing. Dr.techn.

E259

Institut für Architekturwissenschaften

&

Arnold Faller

Senior Lecturer Dipl.-Ing.

E259

Institut für Architekturwissenschaften

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Architektur und Raumplanung

von

Andreas Kneidinger

1027685

Wien, am 27.10.2016

„Imagination oder Visualisierung und besonders die Benutzung von Diagrammen haben einen entscheidenden Anteil an der wissenschaftlichen Forschung.“

Renè Descartes

INHALTSVERZEICHNIS

ABSTRACT.....	8
1 EINLEITUNG	9
1.1 RENDERING – ALLGEMEIN	9
1.2 KOMMUNIKATION – ZIELGRUPPEN.....	10
1.3 KRITIK.....	11
1.4 SOFTWARE	12
2 RENDERPROZESS	13
2.1 BEGRIFFSERKLÄRUNG	13
2.2 GESCHICHTE	13
2.3 STILE – ENTWICKLUNG.....	15
2.3.1 Allgemein	15
2.3.2 Skizze.....	16
2.3.3 Architekturzeichnung	16
2.3.4 Einführung digitaler Möglichkeiten	17
2.3.5 BIM (Building Information Modelling)	18
2.3.6 Digitale Architekturvisualisierung	20
2.3.7 Vorgehensweise/Arbeitsschritte	21
2.3.8 Fotorealistisch/Abstrakt.....	22
2.3.9 Postproduktion.....	24
2.3.10 Animation	26
2.3.11 Virtuelle 3D-Rundgänge.....	27
2.4 RENDERSTILE (SKIZZE-WEIßMODELL-TEXTURIERT)	29
2.4.1 Skizzen-Rendering	29
2.4.2 Weißmodell-Rendering	30
2.4.3 Texturiertes Rendering.....	31
2.5 COMPUTERGRAFIK	32
2.5.1 Allgemein	32
2.5.2 Rastergrafik	32
2.5.3 Bildauflösung	33
2.5.4 Dots Per Inch (DPI)	34
2.5.5 Farbmodus	35

2.5.6	Farbtiefe.....	36
2.5.7	Dateiformate.....	37
2.6	RENDERGLEICHUNG.....	40
2.7	RAYTRACING/RADIOSITY	41
2.7.1	Raytracing.....	41
2.7.2	Funktionsweise.....	42
2.7.3	Radiosity	42
2.8	SHADING.....	43
2.8.1	Flat Shading	43
2.8.2	Gouraud Shading	44
2.8.3	Phong Shading	44
2.9	ANTIALIASING (KANTENGLÄTTUNG)	45
2.9.1	Begriffserklärung	45
2.9.2	Berechnungsmethoden	46
2.9.3	Typen	47
2.9.4	Filter	49
2.9.5	Beispiele – Filter	51
2.9.6	Schlussfolgerung	53
2.10	TONE MAPPING	54
2.10.1	Begriffserklärung	54
2.10.2	Typen	55
2.10.3	Begriffe	58
2.10.4	Schlussfolgerung	60
2.11	AMBIENT OCCLUSION.....	61
2.11.1	Begriffserklärung	61
2.11.2	Funktionsweise.....	63
2.11.3	Berechnungsverfahren.....	64
2.11.4	Schlussfolgerung	66
2.12	GLOBAL ILLUMINATION (GI)	67
2.12.1	Begriffserklärung	67
2.12.2	Berechnungsmethoden	69
2.12.3	Schlussfolgerung	74
2.13	MULTIPASS.....	75
2.13.1	Begriffserklärung	75
2.13.2	Funktionsweise.....	76

2.13.3	Multipass-Kanäle	76
2.13.4	Kanäle – Beispiele	77
3	KAMERA	79
3.1	ALLGEMEIN.....	79
3.2	ISO-WERT	80
3.2.1	Beispiele – ISO (V-Ray)	81
3.3	F-STOP (BLENDEÖFFNUNG).....	82
3.3.1	Beispiele – F-Stop (V-Ray)	83
3.4	SHUTTER SPEED (BELICHTUNGSZEIT)	83
3.4.1	Beispiele – Shutter Speed (V-Ray)	85
3.5	GRAFISCHE ZUSAMMENFASSUNG (ISO, F-STOP, SHUTTER SPEED)	86
3.6	KAMERAOBJEKT.....	86
3.6.1	Kameratypen.....	87
3.7	PERSPEKTIVE	87
3.7.1	Verzerrung – Beispiele	89
3.8	FIELD OF VIEW/BRENNWEITE.....	90
3.8.1	Normalobjektiv	91
3.8.2	Teleobjektiv.....	92
3.8.3	Weitwinkelobjektiv	92
3.9	DEPTH OF FIELD (SCHÄRFENTIEFE)	93
3.9.1	Beispiele – Unschärfebereiche	96
3.10	MOTION BLUR	98
4	MATERIAL.....	100
4.1	ALLGEMEIN.....	100
4.2	GEOMETRIE	101
4.3	MATERIALEDITOR	102
4.3.1	Materialeditor-Fenster (Bsp.: V-Ray)	103
4.4	TEXTUREN	103
4.5	SHADER	104
4.5.1	Muster-Shader	104
4.5.2	Bildbearbeitungs-Shader.....	105
4.5.3	Effekt-Shader	105
4.5.4	Oberflächen-Shader	106
4.5.5	3D-Shader	106

4.6	MATERIALKANÄLE (V-RAY).....	106
4.6.1	Diffuse Layer (Farb-Layer).....	106
4.6.2	Reflection Layer	108
4.6.3	Specular Layer.....	109
4.6.4	Refraction Layer.....	111
4.6.5	Material Weight (Transparenz/Opazität).....	112
4.6.6	Bump Layer	113
4.6.7	Displacement	114
4.6.8	Luminosity Layer	115
4.6.9	Flakes Layer.....	116
4.6.9.1	SSS-Layer (Sub-Surface-Scattering).....	117
4.7	TEXTURIERUNG	118
4.7.1	Quader-Mapping	118
4.7.2	Kugel-Mapping	118
4.7.3	Zylinder-Mapping.....	119
4.7.4	Flächen-Mapping	119
4.7.5	Frontal-Mapping.....	119
4.7.6	UVW-Mapping (Unwrapping).....	120
4.8	KACHELUNG.....	122
4.8.1	Gegenüberstellung.....	122
5	LICHT	123
5.1	ALLGEMEIN.....	123
5.1.1	Außenszene.....	124
5.1.2	Innenszene	125
5.2	LICHT – EINHEITEN.....	127
5.3	SCHATTEN	129
5.3.1	Schattendarstellung.....	130
5.3.2	Schattenfarbe	131
5.4	SICHTBARES LICHT	131
5.5	LICHTFARBE/FILTER.....	132
5.5.1	Lichtfarbe	134
5.5.2	Sonnenfarben.....	134
5.6	LICHTARTEN.....	135
5.6.1	Punktlicht (Omni Light)	135

5.6.2	<i>Spotlicht (Spot Light)</i>	136
5.6.3	<i>Flächenlicht (Area Light)</i>	137
5.6.4	<i>Unendliches Licht (Infinite Light)</i>	138
5.6.5	<i>Paralleles Licht (Parallel Light)</i>	139
5.6.6	<i>Umgebungslicht (Ambient Light)</i>	140
6	CONCLUSIO	141
7	DANKSAGUNG	142
8	LEBENS LAUF	143
9	QUELLENVERZEICHNIS	145
9.1	LITERATUR.....	145
9.2	INTERNET	146
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS	150

ABSTRACT

Diese Diplomarbeit behandelt das Thema der zeitgemäßen Darstellung von Architektur durch computergestützte Visualisierungsmethoden. Dabei werden wichtige technische Grundlagen und komplexe Begriffe der Architekturvisualisierung aufgearbeitet und anhand von praktischen Beispielen veranschaulicht. Hauptaugenmerk liegt neben der geschichtlichen Aufarbeitung des Renderprozesses und den dazugehörigen Render-Stilen auf den Kamera-, Material- und Lichteinstellungen.

Da die Theorie und Begriffe bei den meisten Computerprogrammen in diesem Bereich ident sind, können die erworbenen Kenntnisse für eine Vielzahl an vergleichbaren Renderprogrammen herangezogen werden.

This diploma thesis discusses the issue of representing architecture using digital visualization-techniques. Important technical basics and complex terms of the architectural visualization are explained and demonstrated with examples. The main topics are the historical development of the render-process with its different styles and the technique behind camera, material and light as well.

The basics and technical terms of most programs used for creating renderings are quite similar. Thus, one can apply the gained knowledge to mostly all render-software.

1 EINLEITUNG

1.1 RENDERING – ALLGEMEIN

Computergenerierte Bilder auf Grundlage von komplexen, dreidimensionalen Datenmodellen sind in den letzten Jahren im Architekturbereich zu unverzichtbaren Werkzeugen geworden. Die umgangssprachlich als Renderings bezeichneten Ergebnisse dieser Bildsynthese haben sich in Publikationen, Architekturwettbewerben und in Marketingprozessen fest etabliert, da sie im Vergleich zu konventionellen Plandarstellungen vor allem für Laien durch ihre wirklichkeitsnahe Darstellung leichter zu verstehen sind.

Technisch gesehen sind Renderings eine physikalisch angenäherte Simulation von Geometrie, Licht und Oberflächen, die je nach Kameraposition neu berechnet werden. Als „Rendern“ bezeichnet man dabei den Vorgang, den ein Computer benötigt, um eine Visualisierung eines digitalen Modells zu generieren.

Für Architekturillustrationen werden hauptsächlich Außen- und Innenansichten erstellt. Dabei haben sich die Methoden der Darstellungen in den vergangenen Jahren stetig weiterentwickelt. Klassische Formen wie Handskizzen und gebaute Modelle werden nach und nach von computergenerierten Visualisierungen abgelöst, wobei davon auszugehen ist, dass das physische Modell immer ein wichtiger Bestandteil der Architektur bleiben wird. Der wesentliche Vorteil von Architekturvisualisierungen gegenüber den klassischen Modellen ist die leichtere Zuordnung diverser Materialien, sowie der gezielte Aufbau von Licht- und Schattensimulationen.

1.2 KOMMUNIKATION – ZIELGRUPPEN

Ein wesentlicher Faktor für den Erfolg eines Bauvorhabens ist der Austausch zwischen Architekt und Auftraggeber. Ein verlässlicher Planer steht in regelmäßigem Kontakt mit dem Bauherrn, um Missverständnisse vorzubeugen.

Für den Laien sind die abstrakten und technischen Pläne in Form von Grundrissen, Schnitten und Ansichten meist schwer zu verstehen, da es der Mensch gewohnt ist, Räume dreidimensional wahrzunehmen. Zudem verstehen wir naturgemäß Visuelles leichter als Verbales. Aus diesem Grund ist es für alle Planungsbeteiligten von Vorteil, die Projekte zusätzlich in der dritten Dimension zu erfahren. Der Austausch mit Bauherrn, Fachplanern oder Behörden kann dadurch im Allgemeinen verkürzt und leichter verständlich gemacht werden.¹ Nicht umsonst wird seit jeher gelehrt, dass die Sprache des Architekten die Zeichnung ist.

Des Weiteren sind Visualisierungen besonders in Architekturwettbewerben ein ausschlaggebender Faktor für den Erfolg eines Projektes. Ebenfalls werden Illustrationen von Bauprojekten auf medialen Plattformen publiziert. Auch aus werbetechnischen Gründen, sei es digital im Internet oder gedruckt in Zeitschriften, kommen Renderings zum Einsatz.

Neben den eigentlichen Präsentations- und Publikationszwecken sind Visualisierungen auch bürointern ein nützliches Werkzeug, und ermöglichen es Entwürfe besser zu überprüfen und weiterzuentwickeln. Zudem können Problemstellungen, die in zweidimensionalen Plänen nicht eindeutig ersichtlich sind, leichter erfasst werden.

¹ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.89/Kapitel 4.2.1: Experten-Laien-Kommunikation.

1.3 KRITIK

Neben den vielen Vorteilen, die dreidimensionale Medien mit sich bringen, gibt es auch einige kritische Aspekte zu beobachten. Der Trend hat sich mittlerweile derart etabliert, sodass es kaum noch Projekte gibt, die nicht digital visualisiert werden, unabhängig von der Notwendigkeit. Einfache Handskizzen und persönlicher Austausch werden immer häufiger von zeit- und kostenaufwendigen Illustrationen ersetzt.²

Während sich früher erfolgreiche Architekten durch ein gutes räumliches Verständnis und freihandzeichnerische Fähigkeiten auszeichneten, steht heute vielmehr der Umgang mit CAD- und Visualisierungsprogrammen im Vordergrund. Gut aufgestellte Architekten müssen daher auch den Umgang mit diesen virtuellen Werkzeugen beherrschen, um in der digitalisierten Welt mitzuhalten zu können. Planungsbüros, die keine oder nur wenig Erfahrung mit der komplexen Software haben, sind gezwungen, separate Dienstleisterunternehmen für die Erstellung von professionellen Visualisierungen zu beauftragen.

Auch wenn der Fortschritt digitaler Möglichkeiten unser Leben in vielen Bereichen erleichtert, bringt er ebenso negative Aspekte mit sich. Vor allem in technischen Büros wird kaum mehr eine Aufgabe ohne computergestützte Programme erledigt. Generell sollten technische Hilfsmittel gezielt dort eingesetzt werden, wo es auch sinnvoll ist.

² Vgl. Rüdiger Mach: 3D Visualisierung, Optimale Ergebnispräsentation mit AutoCAD & 3DS Max (Galileo Design); 2001; S.16/Kapitel: Zur Vorbereitung (Computergrafik und Technik).

1.4 SOFTWARE

Speziell Architekten sind gezwungen für die Bearbeitung von Planungsprojekten meist mehrere Programme anzuwenden, um den vielfältigen Möglichkeiten der Projektdarstellungen gerecht zu werden.

Die Standardsoftware eines jeden Planers bilden die CAD-Programme (AutoCAD, ArchiCAD, Revit, Allplan etc.). Sie sind speziell auf die Anforderungen der Architekten zugeschnitten und bieten neben den klassischen 2D-Werkzeugen mittlerweile auch stetig verbesserte Möglichkeiten der 3D-Modellierung.

Primäre Modellierprogramme wie Cinema 4D, 3ds Max, Maya oder Rhino kommen unterstützend zu den CAD-Softwarepaketen zum Einsatz und ermöglichen durch die optimierten, internen Renderengines professionelle Ergebnisse im Bereich der Visualisierungen. 3D-Geometrien werden dabei gänzlich neu erstellt oder aus den CAD-Programmen importiert. Des Weiteren beinhalten sie die notwendigen Werkzeuge für die Erstellung von Animationen.

Zusätzlich können gerenderte Illustrationen in Bildbearbeitungsprogrammen (Photoshop, Gimp, Lightroom etc.) weiter angepasst werden.

Für das Zusammenfügen, Beschriften und Layouten von Plänen und Visualisierungen für die Weitergabe oder Präsentation werden meist Layoutprogramme wie Illustrator und Indesign verwendet.³

³ Vgl. ebda; S.33/Kapitel: Voraussetzungen(Bsp. für Visualisierungsprogramme).

2 RENDERPROZESS

2.1 BEGRIFFSERKLÄRUNG

Der Begriff Visualisierung stammt vom lateinischen Wort „visualis“, was soviel bedeutet wie „zum Sehen gehörend“. Sprachlich schwer vermittelbare, abstrakte Sachverhalte wie Ideen, Entwürfe oder Abläufe sollen anhand der Visualisierung grafisch mithilfe von Skizzen, Illustrationen und Renderings dargestellt werden. Visualisierungen bilden gewissermaßen das Pendant zu textlichen und sprachlichen Medien. Die Architekturillustration dient dem Planer gleichermaßen als Entwurfs- und Präsentationswerkzeug. Je nach Planungsfortschritt kommen unterschiedliche Darstellungsformen zum Einsatz.⁴

2.2 GESCHICHTE

Die ersten Architekturvisualisierungen stammten aus den Bauhüttenbüchern der Dombaumeister. In ihren Lehr- und Ausführungsjahren sammelten sie diverse Entwürfe, Anleitungen und Zeichnungen und fügten diese in Büchern zusammen. Diese Bände wurden laufend ergänzt und waren so etwas wie eine Referenzmappe der damaligen Architekten. Die wichtigsten Visualisierungen waren, neben den Skizzen, die Diagramme, welche auch heute noch ein nützliches Darstellungswerkzeug für viele Berufsgruppen sind.⁵

⁴ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.84/Kapitel 4: Visualisierung.

⁵ Vgl. ebda; S.85/Kapitel 4.1.1: Geschichte der Architekturvisualisierung.

Anfang des 15. Jahrhunderts wurde damit begonnen, Stadtpläne in Holz einzugravieren. Dieser Holzschnitt wurde allmählich durch den Kupferstich und später durch das Gemälde ersetzt. Hintergrund dieser aufwendigen Verfahren, war die beständige Archivierung von Planmaterial.⁶

Im 18. Jahrhundert gelang mit der „Camera Obscura“ der nächste große Schritt in der Visualisierung. Sie gilt als die Vorstufe der Kamera und ermöglichte es, reale Architektur und Städte perspektivisch korrekt zu erfassen.⁷

Die ersten Architekturfotografien stammten aus dem 19. Jahrhundert. Wegen ihren langen Belichtungszeiten konnten damals noch keine Menschen in Bewegung abgelichtet werden. Früh wurde jedoch erkannt, dass der Mensch einer der wichtigsten Parameter für den architektonischen Maßstab ist und so erstellte man erste Collagen, die Visualisierungen zusammen mit Personen, Bäumen, Autos etc. zeigten. Diese Szenen wurden so, ähnlich wie in der gegenwärtigen zeitgemäßen Bildbearbeitung, zum Leben erweckt.⁸

Seit Mitte der Achtzigerjahre des 20. Jahrhunderts, als die ersten 3D-Softwarepakete für Architektur auf den Markt gekommen sind, ist die digitale Modellierung von Projekten und Entwürfen ein wesentlicher Bestandteil für die Bauindustrie. Sukzessive verbesserten sich die Programme im Laufe der Jahre und etablierten sich in den Architektur- und Planungsbüros auf der ganzen Welt.

Seit der Jahrtausendwende sind Technologien wie „BIM“ (Building Information Modelling) auf dem Vormarsch und sorgen für besseren Informationsaustausch unter den Gewerken und Fachplanern.

⁶ Vgl. ebda.

⁷ Vgl. ebda.

⁸ Vgl. ebda.

2.3 STILE – ENTWICKLUNG

2.3.1 Allgemein

Im Vorentwurf werden meist einfache Skizzen aus Bleistift, Tusche oder Faserstift gezeichnet. Sie dienen zur ersten Ideenfindung. Bis Anfang der Neunzigerjahre wurden aufwändige Präsentationszeichnungen ebenfalls noch per Hand erstellt, bis sie nach und nach Mitte der Neunziger von digital erstellten Renderings abgelöst wurden.

In der Entwurfsphase kommt vermehrt die digitale Modellierung zum Einsatz, welche genauere geometrische Analysen zulässt. Für die Präsentation dieser Entwürfe empfehlen sich Skizzen- oder Weißmodelldarstellungen, da sie einen guten ersten Eindruck liefern und die Wahl der Oberflächen und Materialien noch außen vor bleiben kann.

In der Verkaufs- und Präsentationsphase gibt es aktuell mehrere Methoden Projekte darzustellen. Neben der klassischen Variante des fotorealistischen Renderings werden ebenso Animationen und bewegte Bilder in Echtzeit erstellt bis hin zu virtuellen Rundgängen in digitalen 3D-Welten.

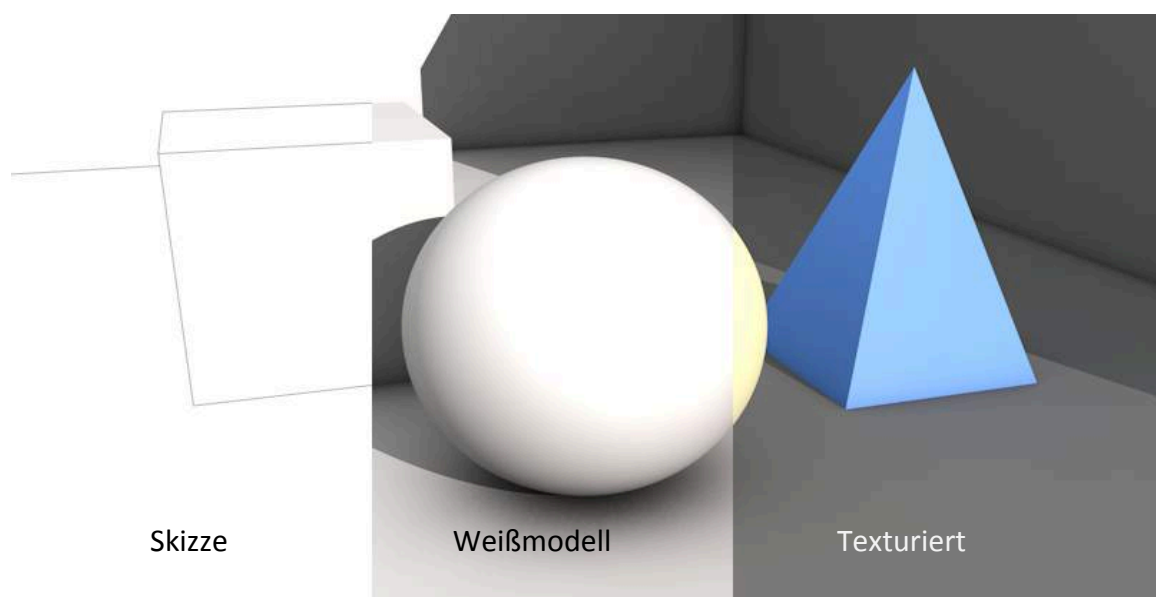


Bild 1: Renderstile

2.3.2 Skizze

Seit jeher ist die Skizze wohl das elementarste Mittel des Architekten, wenn es darum geht, Entwurfsideen unkompliziert und effektiv darzustellen. Die abstrakte Anfertigung einfacher zwei- und dreidimensionalen Liniengrafiken ist die erste Umsetzung eines Gedankens auf ein Blatt Papier.

Bis Mitte der Neunziger, bevor sich die digitalen Hilfsmittel etablierten, wurden perspektivische Darstellungen für Architekturwettbewerbe, Publikationen und Bauherren per Hand in mehr oder weniger abstrakter Weise meist mittels Bleistift oder Tusche gezeichnet.

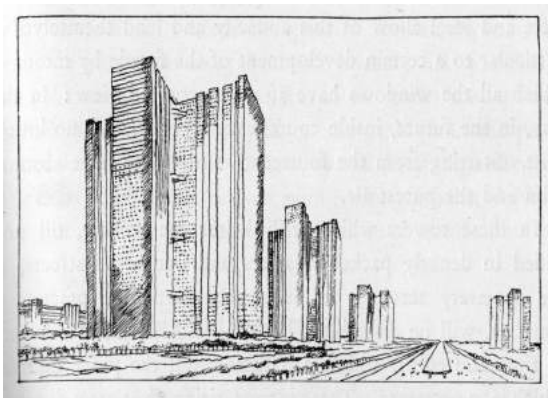


Bild 2: Le Corbusier (City of Towers)



Bild 3: Mies van der Rohe (Barcelona Pavillon)

2.3.3 Architekturzeichnung

Einen Schritt weiter sind die Zeichnungen, welche, anders als erste Skizzen, meist in einem späteren Entwurfsstadium angefertigt werden. Vor den digitalen Möglichkeiten wurden diese handgefertigten und oft sehr aufwendigen Bildkompositionen vor allem als Vorzeigebilder für Wettbewerbe präsentiert. Eine lediglich textliche oder verbale Beschreibung des Projekts, ohne jegliche Form einer räumlichen Darstellung, wäre auch vor dem Computerzeitalter um einiges schwieriger zu verstehen gewesen.

Bei den Architekturzeichnungen kommt es weniger auf eine originalgetreue Wiedergabe des Entwurfes an, vielmehr sollten durch die Kombinationen verschiedener Zeichenstile, der Fokus auf bestimmte Aspekte des Entwurfes gelenken werden.

Namenhafte Architekten entwickeln die zeichnerische Darstellung ihrer Projekte zu einer eigenen Ausdrucksform, die für ihre Werke charakteristisch geworden sind. Aldo Rossi, Otto Wagner und Zaha Hadid zählen zu den bedeutendsten Schöpfern von handgezeichneten Architekturmotiven.⁹



Bild 4: Zeichnung (Zaha Hadid)

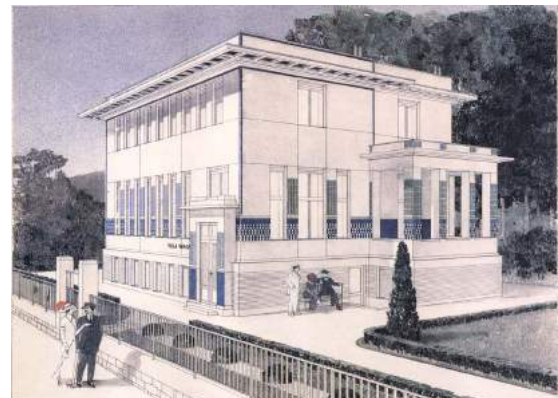


Bild 5: Zeichnung (Otto Wagner)

2.3.4 Einführung digitaler Möglichkeiten

Ab Mitte der Neunzigerjahre werden die traditionellen Architekturzeichnungen, durch den Einsatz computergenerierter Methoden unterstützt. Das digitale Zeitalter bringt auch in der Architektur neue und moderne Systeme hervor, die es ermöglichen genauer und effektiver zu arbeiten. Die softwaretechnischen Möglichkeiten werden stetig verbessert und weiterentwickelt. Dies führt dazu, dass seit der Jahrtausendwende beinahe alle Formen von Plandarstellungen, sei es Grundrisse, Schnitte, Ansichten, Perspektiven etc digital erstellt und weitergegeben werden

⁹ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.87/Kapitel 4.1.2: Funktionen der Visualisierung.

können. Vor allem für die Erstellung von Architekturvisualisierungen, werden laufend leistungsstärkere Programme angeboten.

Durch den Einsatz diverser Modellier-Software ist es möglich, ein architektonisches Projekt im dreidimensionalen Raum aufzubauen. Klassische Plandarstellungen wie Grundrisse, Schnitte und Ansichten werden in der modernen Arbeitsweise nicht mehr isoliert in Form von Linien und Schraffuren gezeichnet, sondern direkt aus den dreidimensionalen Modellen entnommen.

2.3.5 BIM (Building Information Modelling)

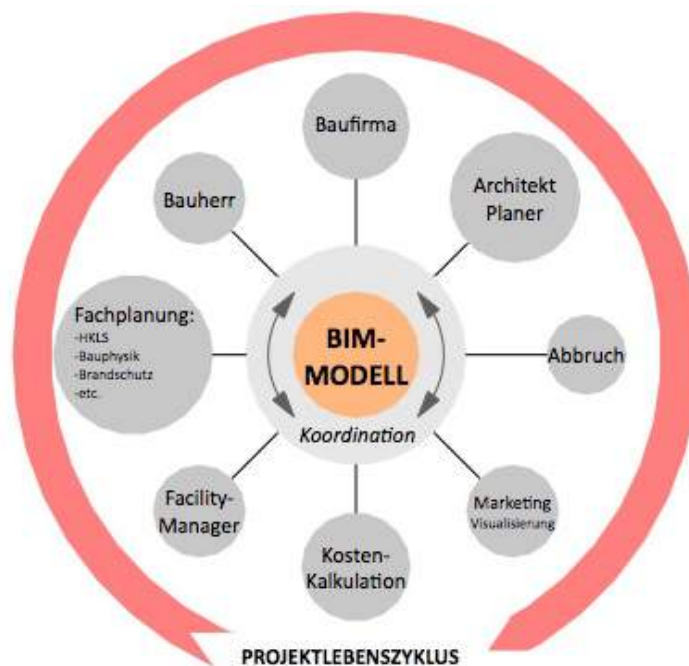


Bild 6: BIM-Schema

Mittels „BIM“ werden Bauprojekte durch den Einsatz von CAD-Programmen (Bsp.: ArchiCAD) dreidimensional aufgebaut und mit unterschiedlicher Information versehen. Eine Wand ist beispielsweise nicht mehr nur eine Kombination aus zweidimensionalen Linien, sondern ein intelligentes Element mit einstellbaren Parametern, welche sich bei Änderungen automatisch in allen Ansichten (GR, Schnitte, Ansichten etc.) anpassen.

Die Grundidee des „BIM“ ist, dass jedes Gewerk gleichzeitig an einer dreidimensionalen Projektdatei arbeitet und dabei seine Fachplanung über intelligente Elemente hinzufügen kann. Durch diese „Elementinformationen“ und der Möglichkeit an einer Datei gemeinsam zu arbeiten, soll der Austausch zwischen den einzelnen Fachplanern schneller und verständlicher gemacht werden.

„BIM“-Modelle wachsen je nach Planungsfortschritt stetig und geben somit gewissermaßen den Lebenszyklus eines Projektes wieder. Diese Vernetzung von informationsbezogenen, digitalen Modellen wird stetig optimiert und die Zukunft der modernen Planung und Ausarbeitung von Architekturprojekten sein.

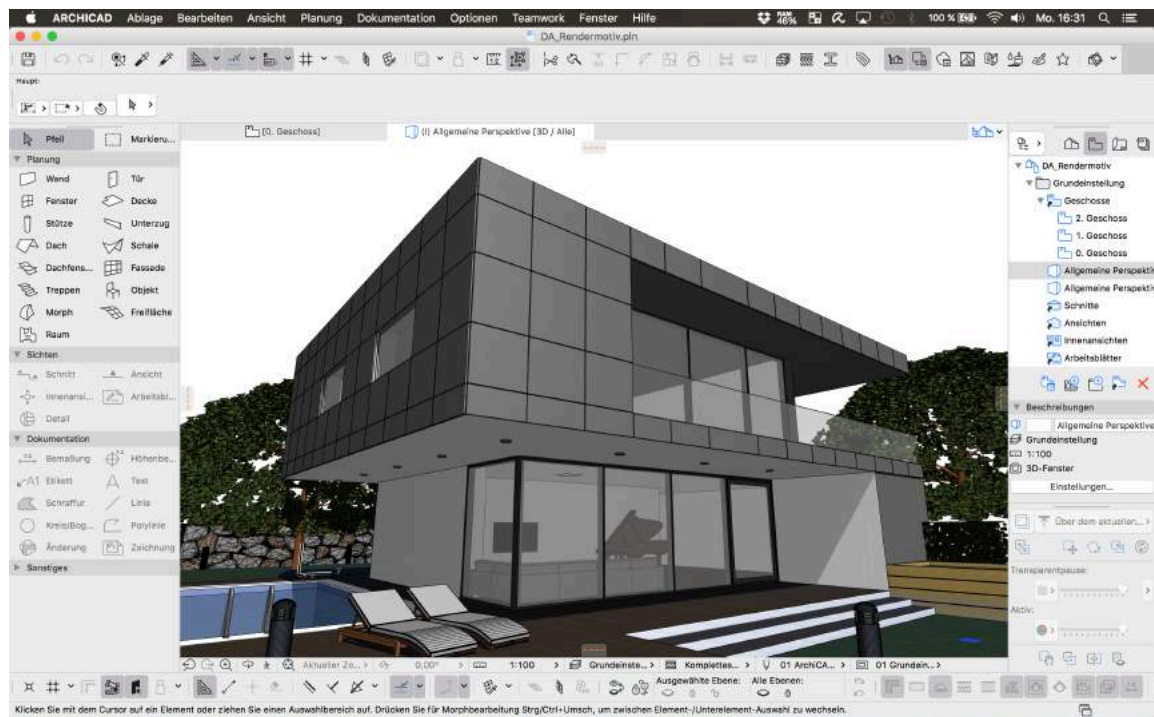


Bild 7: BIM-Modell (ArchiCAD)

2.3.6 Digitale Architekturvisualisierung

Um ein am Computer modelliertes Projekt nach seinen Vorstellungen präsentieren zu können, sollte das 3D-Modell schlussendlich in einem dafür geeigneten Programm zu einem Bild gerendert werden. Faktoren wie Licht, Schatten und Oberflächeneigenschaften werden dabei für ein wirklichkeitsgetreues Abbild physikalisch korrekt berechnet. Über eine oder mehrere virtuelle Kameras definiert sich der Bildausschnitt.

Die umgangssprachlich genannte Renderzeit ist jene Dauer, die der Computer benötigt, um ein Rendering zu berechnen. Die vom Ersteller zuvor getätigten Textur-, Licht- und Kameraeinstellungen, sowie spezielle Verfahren im Hintergrund (Color Mapping, Antialiasing) spielen für die Berechnungsdauer eine wesentliche Rolle.

Meist werden fotorealistische Resultate angestrebt, die mit den heutigen Möglichkeiten der laufend verbesserten Software gut umsetzbar sind. Je nach Situation können auch abstrakte Renderings erstellt werden, um spezielle Aspekte hervorzuheben. Vor allem in früheren Entwurfsstadien sind Visualisierungen im Skizzen- oder Weißmodellstil gängig, da diese einen guten Eindruck über die Geometrie verschaffen und nachfolgende Entscheidungen, wie etwa die Materialwahl, noch unberücksichtigt bleiben können.



Bild 8: Außenrender (Jasper Sek-Design®)



Bild 9: Innenrender (Jasper Sek-Design®)

2.3.7 Vorgehensweise/Arbeitsschritte

Um ein professionelles Abbild eines Gebäudes anfertigen zu können, benötigt man zuerst ein virtuelles Modell. Dabei werden unterschiedliche geometrische Körper digital zu einem Gesamtobjekt zusammengefügt. Dieses dient als Grundlage für die eigentliche Visualisierungsarbeit. Dabei wird die Geometrie mit Materialeigenschaften belegt, die der Nutzer zuvor aus einer Datenbank ausgewählt oder selbst erstellt hat. Hierbei gibt es eine Vielzahl an Einstellungsmöglichkeiten wie Farbe, Glanz, Transparenz, Transluzenz, Bump (Relief) etc, die je nach gewünschtem Resultat eingestellt werden können.

Des Weiteren ist die Wahl und Position der Lichtquellen für die Ausleuchtung und Beschattung der Szene ein wesentlicher Faktor. Ausschlaggebend für eine realistische Bildsynthese ist das Zusammenspiel unterschiedlicher natürlicher und künstlicher Lichtquellen. Zusätzlich können durch gezielte Belichtung gewisse Stimmungen erzeugt werden. Für die Wahl der Lichtquellen ist primär zwischen Außen- und Innenrendering zu unterscheiden. Auch die Wahl der Jahres- und Tageszeit ist in den Lichtparametern zu berücksichtigen und jeder Szene eigenständig anzupassen.

Die richtige Einstellung der Kamera ist ebenso ausschlaggebend für ein gutes Endergebnis. Das 3D-Modell kann entweder perspektivisch oder axonometrisch dargestellt werden. Bei geschickter Positionierung der Kamera können Aspekte eines Entwurfes hervorgehoben werden. Meist werden Perspektiven aus der Augenhöhe eines Menschen erstellt, da diese einen guten Eindruck über die spätere Wirkung eines Gebäudes vermitteln.

Physikalische Kameras in den Softwarepaketen bieten nahezu alle Einstellungsmöglichkeiten, die auch ein realer Fotoapparat aufweist. ISO-Werte, Shutter Speed (Belichtungszeit) und F-Stop (Blendengröße) müssen für eine naturgetreue Belichtung richtig abgestimmt werden.

Das Zusammenspiel dieser vier Faktoren: „3D Szene, Material, Licht und Kamera“ ist für das Endresultat essentiell. Die Theorie hinter diesen Einflüssen bildet den Hauptbestandteil dieser Diplomarbeit.

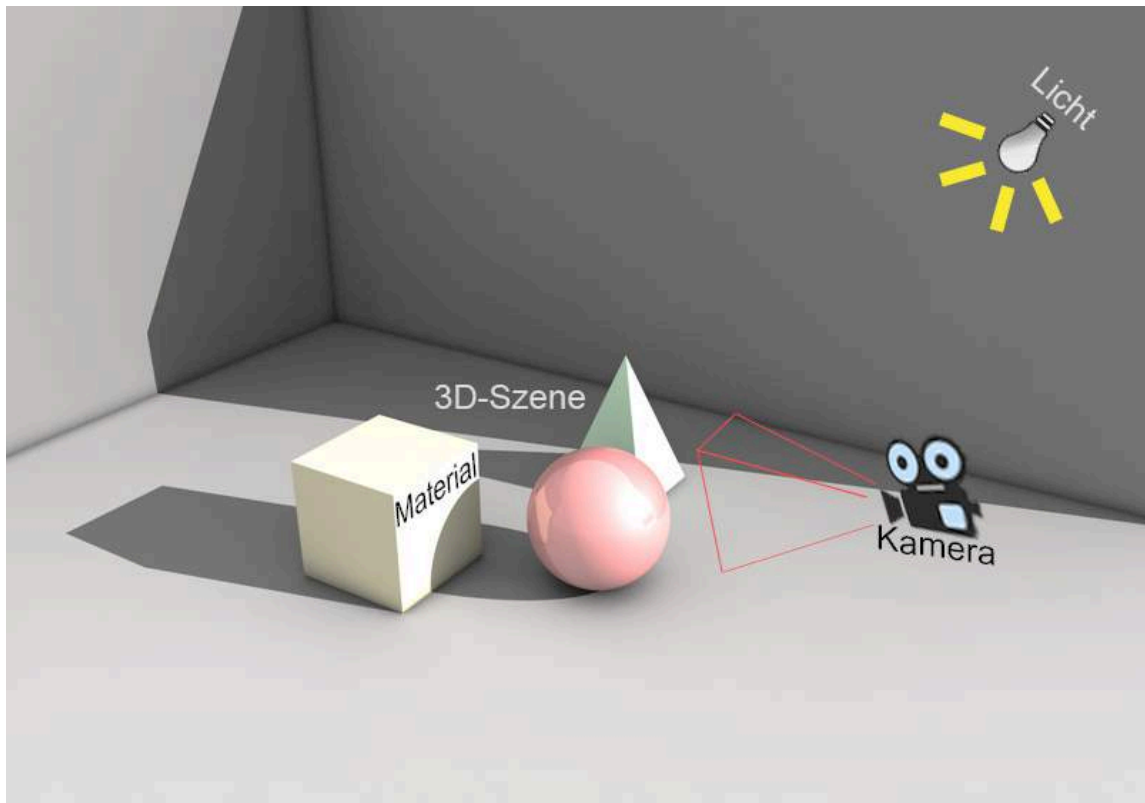


Bild 10: Hauptparameter (Material-Kamera-Licht)

2.3.8 Fotorealistisch/Abstrakt

Generell ist die Vielfalt der Darstellungsformen unbegrenzt und von der jeweiligen Kreativität des Renderprofis abhängig. Kunden- und Wettbewerbsvorgaben geben dabei die Stilrichtungen vor. Tendenziell sind zwei Darstellungsweisen vorherrschend, die fotorealistische und die abstrakte Illustrationsform, wobei zu betonen ist, dass es selbstverständlich noch weitere Stilrichtungen und Mischformen gibt, die nicht eindeutig einer dieser Darstellungsformen zuordenbar sind.

Beim fotorealistischen Stil wird eine möglichst genaue Wiedergabe der Natur angestrebt. Die Einstellungen richten sich dabei streng nach rationalen Vorgaben der

Physik, was Oberflächen, Licht- und Wetterverhältnisse betrifft. Ziel dieser Methode ist, eine fotorealistische Illustration zu schaffen, die dem zukünftig gebauten Vorbild entsprechen soll.



Bild 11: Rendering fotorealistisch (Renderwerk.at®)

Eine Alternative zur fotorealistischen Visualisierung ist die Abstraktion. Sie strebt weniger eine physikalisch korrekte Berechnung der Szene an, sondern versucht durch unterschiedliche stilistische Mittel gewisse Emotionen und Vorstellungen zu transportieren. Diese Form der Illustration folgt weniger rationalen sondern eher künstlerischen Vorstellungen.



Bild 12: Rendering abstrakt (Alex Hogrefe®)

Mittlerweile sind die Darstellungsformen durch die Kombination einzelner Stile sehr vielfältig geworden. Sie reichen von einfachen Skizzen bis hin zu komplexen Animationen. Allgemeine Kenntnisse im Bereich der Fotografie, Belichtung und Kunst sind Grundvoraussetzungen für die professionelle Visualisierung von Raum und Architektur.¹⁰

2.3.9 Postproduktion

Bildbearbeitungsprogramme sind hilfreich, um eine fertig gerenderte Visualisierung nachträglich nach seinen Vorstellungen den letzten Feinschliff zu verleihen. Sie sind somit meist die letzte Station, bei der Erstellung von Architekturillustrationen. Diese Programme sind mittlerweile für Renderprofis zu unverzichtbaren Werkzeugen geworden, da sie gestalterische Möglichkeiten bieten, die in den eigentlichen Renderprogrammen meist nicht vorhanden sind.

Neben der allgemeinen Definierung der Größe, Auflösung und Ausgabeform des Bildes können mithilfe von Bildbearbeitungsprogrammen eine Vielzahl an weiteren Optimierungen und Anpassungen vorgenommen werden. Zum einen ist es möglich Fehler, die während des Renderprozesses entstanden sind, zu korrigieren und zum anderen können neue, zweidimensionale Elemente einfach und rasch hinzugefügt werden. Dabei müssen diese perspektivisch so integriert werden, dass ein harmonisches Gesamtbild entsteht. Hauptsächlich werden Abbildungen von Personen, in das Bild eingefügt, um eine lebhaftere Umwelt zu suggerieren. Ein weiterer wichtiger Faktor spielt die Darstellung der Umgebung und des Himmels. Tages- und Jahreszeiten können dadurch gesteuert werden und bestimmte Eindrücke erzeugen.

¹⁰ Vgl. Rüdiger Mach: 3D Visualisierung, Optimale Ergebnispräsentation mit AutoCAD & 3DS Max (Galileo Design); S.25/Kapitel: Grundlagen der Visualisierung.

Neben dem Einfügen neuer Bildelemente ist es auch möglich Renderings über diverse Bildkorrekturen zu optimieren. Dabei können Farbtöne, Helligkeiten, Kontraste etc. angepasst werden, um bestimmte Aspekte des Entwurfes hervorzuheben. Über die Funktionsweise der Layer ist es außerdem möglich bestimmte Elemente und Filter einfach zu selektiert und gesondert zu bearbeiten. Letztendlich können durch diverse Weichzeichnungswerkzeuge nachträglich scharfe und unscharfe Bereiche definiert werden.

Zusammenfassend ist zu betonen, dass die Möglichkeiten der Nachbearbeitung durch spezielle Software sehr vielfältig und praktisch geworden sind. Speziell im Bereich der Architekturvisualisierung sind „Photoshop“, „Lightworks“, „Gimp“ etc. bereits etablierte Programme, wenn es darum geht, professionelle Resultate zu erstellen.

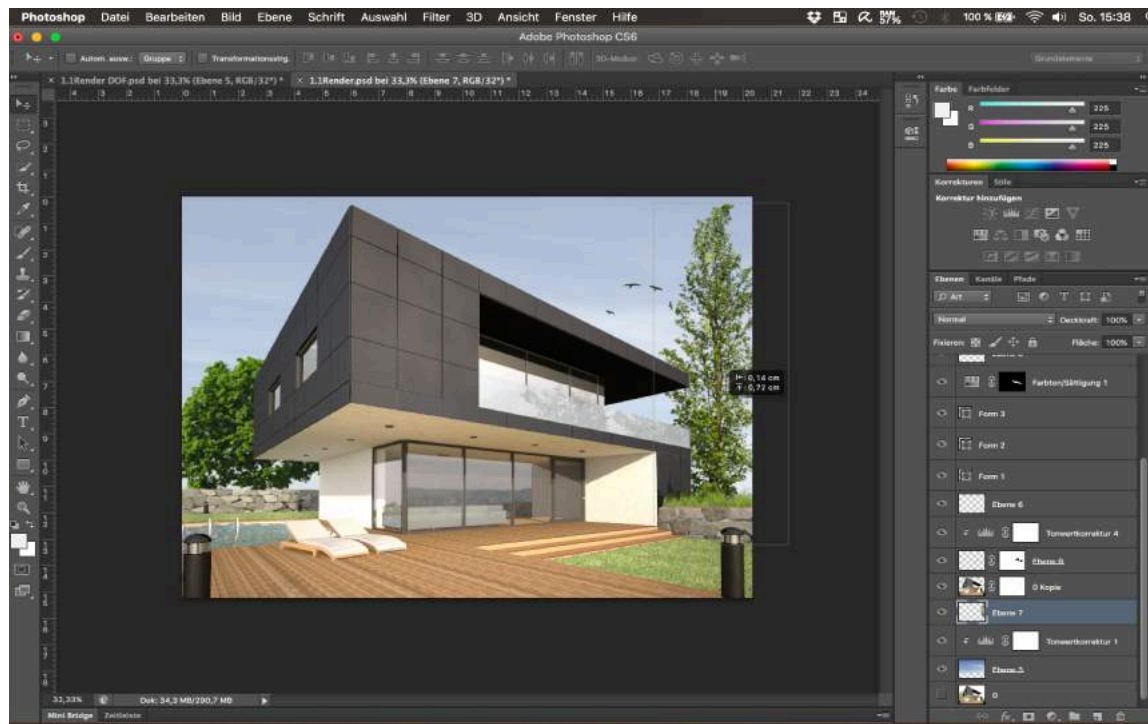


Bild 13: Postproduktion (Photoshop)

2.3.10 Animation

Eine Alternative zu den Architekturrenderings sind Animationen, die speziell für digitale Präsentationen zum Einsatz kommen. Einzelne gerenderte „Frames“ aneinander gereiht bilden dabei einen Film. Grundlage hierfür sind wiederum die dreidimensionalen digitalen Modelle, die eine detaillierte und genaue Ausführung voraussetzen. Es gibt mehrere Arten eine Animation aufzubauen. Oft werden auch unterschiedliche Methoden miteinander verknüpft.

Bei der klassischen Kamerafahrt bewegt sich die Kamera durch die dreidimensionale Szene, wobei sie einem vorgegebenen Pfad folgt. Die Architektur kann dabei von allen Seiten betrachtet werden.

Des Weiteren gibt es die Belichtungssimulationen, die vor allem im Außenbereich für Sonnen- und Schattenstudien zum Einsatz kommen. Dabei bleibt die Kamera starr auf einer Position, lediglich der Verlauf der Sonnen über einen bestimmten Zeitraum wird erfasst und animiert.

Eine andere Animationsart ist die Aufbausimulation, wobei die Architektur selbst das animierte Objekt darstellt. Ein weitverbreitetes Beispiel sind die aus dem Boden wachsenden Gebäude, die vor allem auf Präsentationen eingesetzt werden.

Negativ anzumerken ist die ausschließlich digitale Wiedergabe eines Filmes. Im Vergleich zu herkömmlichen Renderings können sie auch nicht ausgedruckt und physisch weitergegeben werden. Obendrein sind Animationen im Vergleich zu klassischen Visualisierungen sehr aufwendig in der Bearbeitung.

2.3.11 Virtuelle 3D-Rundgänge

Seit Mitte der Zehnerjahre spielt die virtuelle Interaktion in dreidimensionalen Räumen eine immer wichtigere Rolle in der Architekturpräsentation. Spezielle Programme ermöglichen es, Szenen in Echtzeit zu rendern und so digital begehbar zu machen.

Virtual Reality

In Kombination mit speziellen „VR-Brillen“ (Virtual Reality) soll eine intensivere und realistischere Simulation von Räumen geschaffen werden. Dabei ist es möglich eine zuvor modellierte Szene über VR-Brillen im virtuellen Raum frei zu erkunden.



Bild 14: "VR"-Architektur

Augmented Reality

Ebenso vielversprechend wie „Virtual Reality“ ist „Augmented Reality“ („AR“). Über moderne Eingabegeräte wie Smartphone oder Tablet können der Umgebung digitale Gegenstände zugefügt werden. Möglich ist das über die Kamera der Eingabegeräte, welche die Umgebung filmt und gleichzeitig digitale Objekte einfügt. Beispielsweise können leerstehende Wohnungen virtuell möbliert werden.



Bild 15: "AR"-Architektur

2.4 RENDERSTILE (SKIZZE-WEIßMODELL-TEXTURIERT)

2.4.1 Skizzen-Rendering

Computergenerierte Skizzen sind ein einfaches Mittel für erste 3D-Darstellungen sowohl bürointern für räumliche Analysen als auch extern für Präsentationen. Material- und Lichteinstellungen müssen in dieser Phase noch nicht getätigt werden. Die Geometrie steht hierbei im Fokus. Weiterer Vorteil ist die rasche Renderzeit.

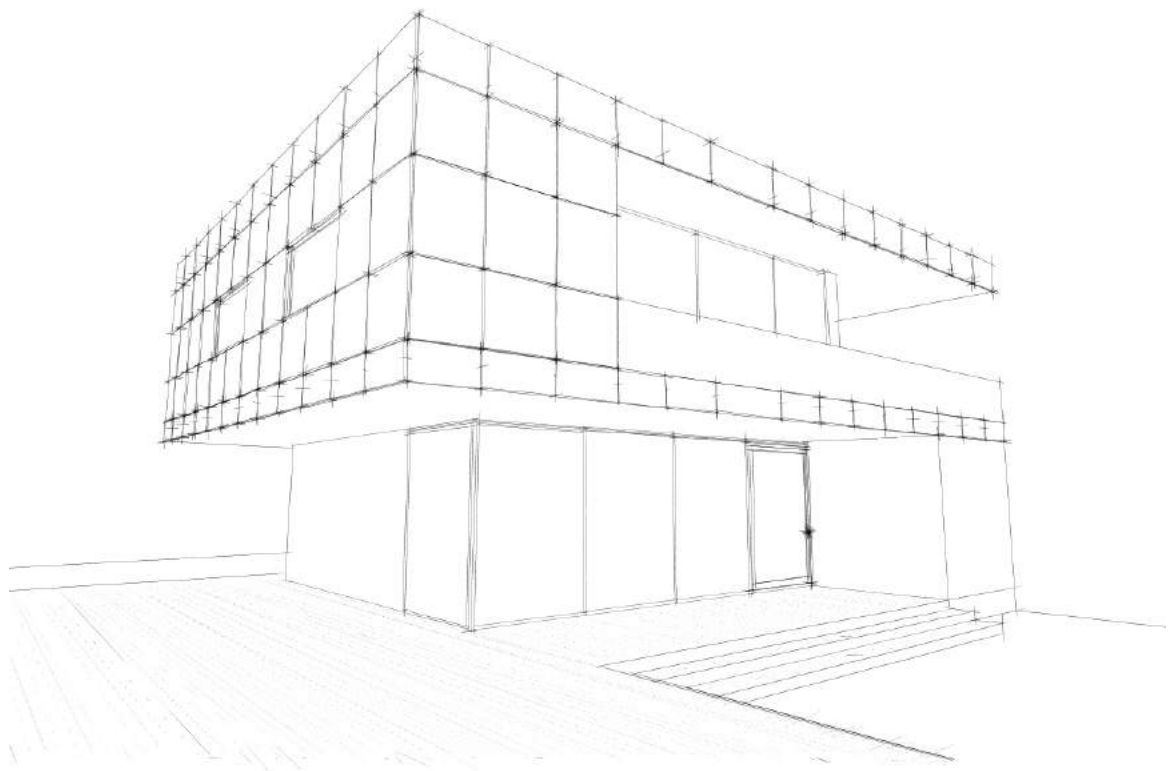


Bild 16: Skizzen-Rendering

2.4.2 Weißmodell-Rendering

Ähnlich der Skizzenvisualisierung sind gerenderte Weißmodelle materialunabhängig. Sie dienen primär den ersten geometrischen und lichttechnischen Analysen. Komplexe Einstellungen sind für ein gutes Resultat auch hier noch nicht notwendig. Rechenzeit ist etwas länger als beim Skizzenrendering. Von der Darstellung her ähneln sie physisch gebauten Modellen.

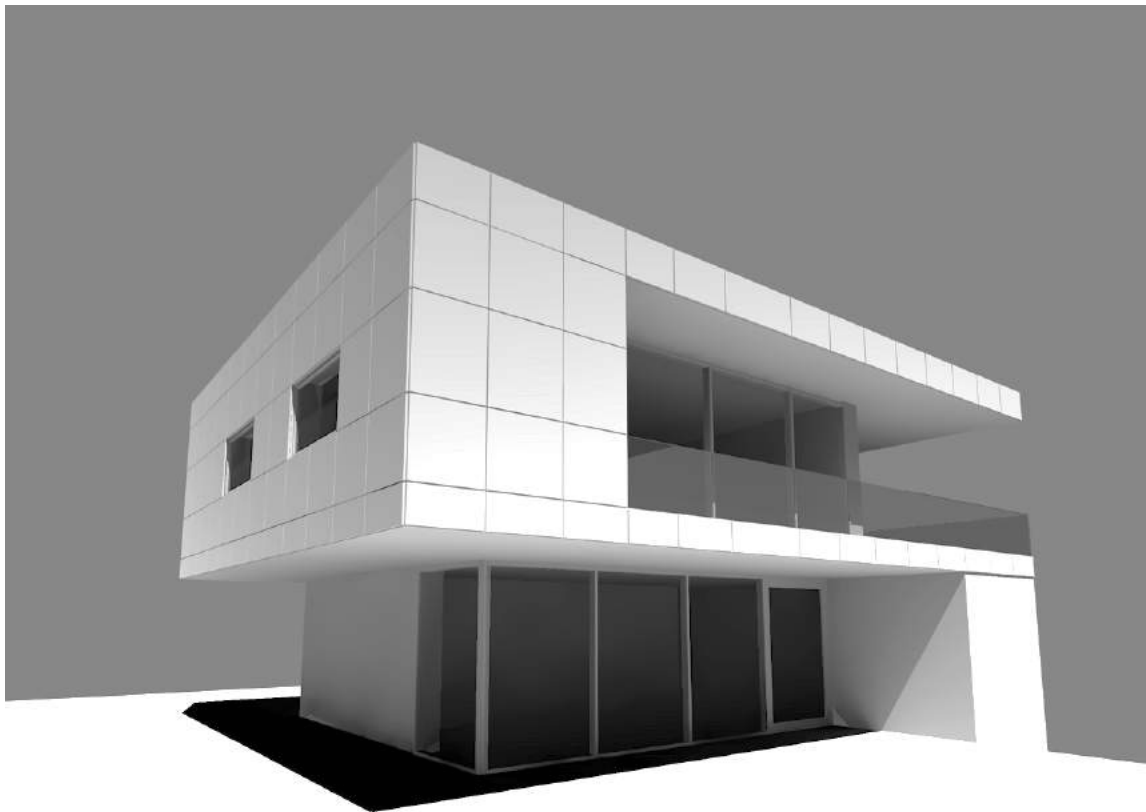


Bild 17: Weißmodell-Rendering

2.4.3 Texturiertes Rendering

Durch den großen Aufwand an Einstellungen werden fertig texturierte und belichtete Visualisierungen meist erst am Ende der Planungsphase für Wettbewerbe oder Marketingzwecke erstellt. Alle Faktoren wie Kamera, Licht und Materialien müssen richtig aufeinander abgestimmt werden. Die Renderzeit für eine finale Visualisierung kann je nach Szene im Vergleich zu Skizzen- oder Weißmodell-Darstellungen erheblich länger sein.



Bild 18: Rendering texturiert

2.5 COMPUTERGRAFIK

2.5.1 Allgemein

Ein Gestalter von digitalen Modellen und Visualisierungen sollte im Allgemeinen mit der Basistheorie der Computergrafik vertraut sein, um die technischen Vorgänge während der Bearbeitung von computergenerierten Bildern nachvollziehen zu können. Vor allem beim Exportieren finaler Renderings und Illustrationen ist die Wahl des richtigen Ausgabeformates wesentlich, um den unterschiedlichen Anforderungen gerecht zu werden. Ein falsches Dateiformat kann im schlimmsten Fall zu groben Verlusten von Bildinformation führen, was meist nicht mehr rückgängig gemacht werden kann. Vermehrt werden finale Bilder daher in sehr speicherintensiven Formaten wie „PNG“, „TIFF“, „HDR“ oder „EXR“ ausgegeben, um Qualitätseinbußen möglichst zu vermeiden. Testrenderings können für rasche Ergebnisse in kleineren 8-Bit Formaten wie beispielsweise „JPG“ gerendert werden, da es ansonsten relativ schnell zu massenweise Datenmüll kommen könnte, der die Festplatte unnötig belastet. Die Wahl des Ausgabeformates hängt also primär vom Verwendungszweck ab.

2.5.2 Rastergrafik

Sowohl in der Fotografie als auch bei der Erstellung von digitalen Renderings bewegen wir uns im Bereich der Rastergrafik. Die erstellten Bilder werden auch „Bitmaps“ genannt. Im Vergleich zur Vektorgrafik werden hier die Bilder in einzelne Pixel aufgelöst. Die Kombination aus diesen einzelnen unterschiedlich gefärbten Punkten ergibt die fertige Bildkomposition. Die Pixel sind meist quadratisch, können jedoch auch rechteckig sein. Der Begriff „Pixel Aspect Ratio“ gibt dabei das Seitenverhältnis an.¹¹

¹¹ Vgl. Sven Fischer: Grafikformate GE-PACKT (mitp); 2001; S.393-396/Kapitel: A.1 Pixelbilder und Vektorgrafiken.

„Bitmaps“ werden ebenso wie Computermonitore in Pixel aufgelöst, was durch die gleiche Funktionsweise zu einer einfachen Darstellung solcher Rastergrafiken führt. Ebenso arbeiten Drucker und Scanner mit dieser Methode, was keine aufwendigen und verlustbehafteten Umwandlungen erfordert. Rastergrafiken sind folglich perfekt an die Hardwaregegebenheiten angepasst. Verglichen mit Vektorgrafiken haben sie allerdings einen hohen Speicherbedarf.¹² Diverse Komprimierverfahren führen mittlerweile zu erheblich kleineren Dateiformaten auf Kosten von Minderungen der Bildinformation.

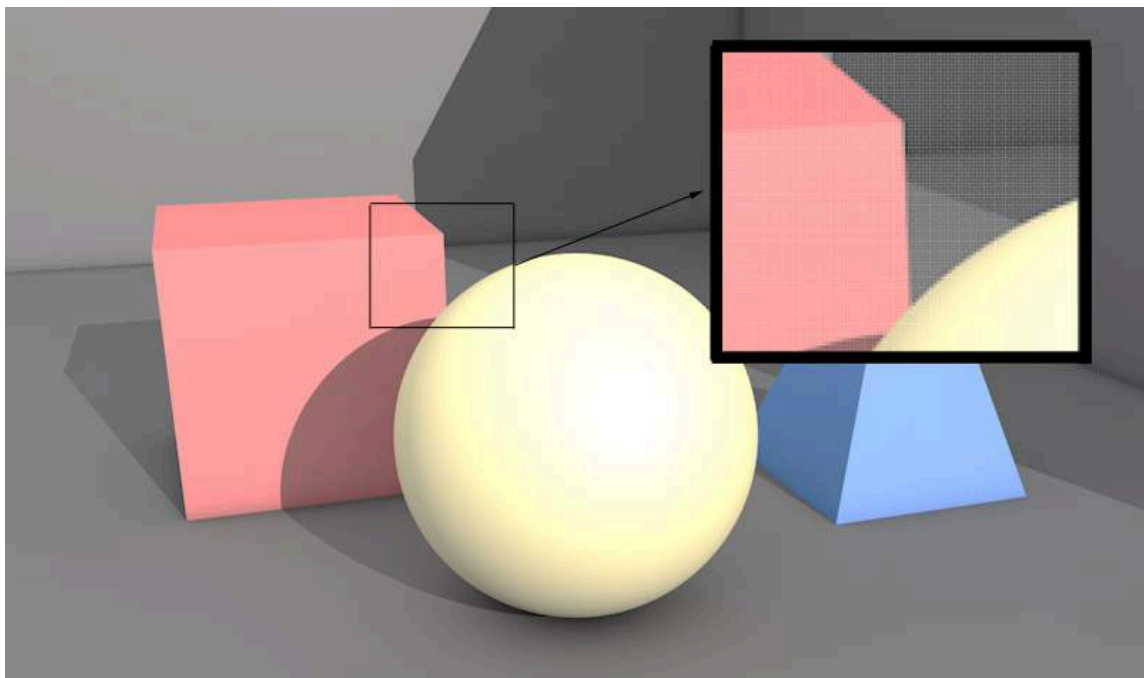


Bild 19: Pixelgrafik

2.5.3 Bildauflösung

Die Bildgröße definiert sich durch die Anzahl der horizontalen und vertikalen Pixel. Gängige Formate sind je nach Anforderung meist im Verhältnis „4:3“ bei gedruckten Ausgaben oder „16:9“ im Film- und Videobereich. Für Renderings sind durchaus auch Auflösungen im Verhältnisse 1:1 oder 2:1 gängig, wobei auch diese nicht zwingend vorgeschrieben sind. Die endgültige Bildgröße ist abhängig von Verwendungszweck und Bildausschnitt.

¹² Vgl. Murat Bezel & Michael Kobzan: 3D-Rendering und Animation (Markt&Technik); 1996; S.438-439/Kapitel 5.1 Vektor- und Rastergrafik.

Die übliche HD-Auflösung (High Definition) hat eine Pixelanzahl von 1920 vertikal und 1080 horizontal, kurz „1920 x 1080 px“. Die Grenzen der Bildauflösung sind nach oben hin offen. Viele Medien bieten bereits Auflösungen von „4096 x 2160 px“ an, umgangssprachlich auch „Ultra HD“ oder „4 K“ genannt.

Die finale Dateigröße richtet sich nach der manuell einstellbaren „Pixelanzahl“ und den „Dots per Inch“ („DPI“). Die („DPI“) geben die Anzahl der erzeugten Pixel pro Inch (2,54 cm²) an.

In der digitalen Visualisierung gilt, je mehr Pixel ein Bild hat, desto schärfer ist die Darstellung. Allerdings sollte die Auflösung den Anforderungen und dem Verwendungszweck des Renderings angepasst werden, da eine große Pixelanzahl zu verlängerten Rechenzeiten führt und das menschliche Auge ohnehin ab einer gewissen Dichte keinen Unterschied mehr feststellen kann.

2.5.4 Dots Per Inch (DPI)

Eine weitere wesentliche Größe sind die „Dots Per Inch“ (dpi). Sie geben an, wie viele Pixel pro Inch vorhanden sind. Insbesondere beim Export einer Bilddatei ist darauf zu achten, dass die Anzahl der „dpi“ entsprechend eingestellt wird. Sie bestimmt in Kombination mit der Auflösung die finale Formatgröße und Schärfe der Visualisierung.

Bei gedruckten Illustrationen auf kleinformatigem Papier (A3-A4) ist ein Wert von 300 dpi zweckmäßig. Bei großformatigen Plots wie etwa Renderings auf Bauplakaten, die einen weiten Abstand zum Betrachter voraussetzen, reicht ein Wert von 150 dpi. Digital auf Bildschirmen sind 72 dpi für eine angemessene Darstellung ausreichend.¹³

¹³ Vgl. Nana Swiczinsky: Grundkurs Digitale Illustrationen (Galileo Design); 2014; S.47/Kapitel: 2.2 Auflösung.

2.5.5 Farbmodus

Jeder Pixel eines Bildes hat eine eigene Farbe, die in Kombination mit den anderen Punkten ein Gesamtbild ergeben. Es gibt unterschiedliche Berechnungsmethoden für diese Farbgebung. In der virtuellen Darstellung sind die Lichtfarben („Additive RGB-Farben“) am gebräuchlichsten. Hierbei werden die drei Grundfarben Rot, Grün und Blau als Basistöne herangezogen. Durch Mischen der Farben entstehen neue Farbtöne. Nach dem Prinzip des Lichtes entsteht Weiß, wenn alle Grundfarben kombiniert werden. Schwarz kommt zustande, wenn keine Farbe eingesetzt wird.

Konträr dazu gibt es die Körperfarben („Subtraktive CMYK-Farben“), welche mit den drei Grundfarben Cyan, Magenta und Gelb arbeitet. Anders als beim „RGB-Modus“ entsteht hier die Farbe Schwarz, wenn alle Farben zusammengemischt werden und Weiß, wenn kein Farbton verwendet wird. Ausgabegeräte wie Drucker und Plotter arbeiten nach dieser Methode. Zusätzlich haben die verwendeten Druckerpatronen Schwarz als vierte Grundfarbe, um rein schwarze Flächen wie Texte besser drucken zu können. Somit hat der „CMYK-Modus“ vier Farbkanäle, einen mehr als der „RGB-Modus“.¹⁴

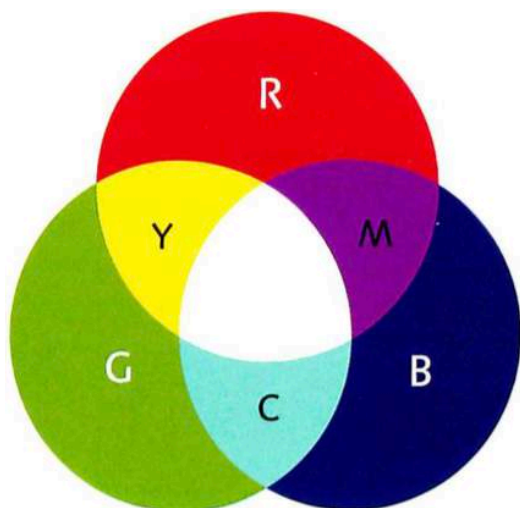


Bild 20: Additive Farbmischung

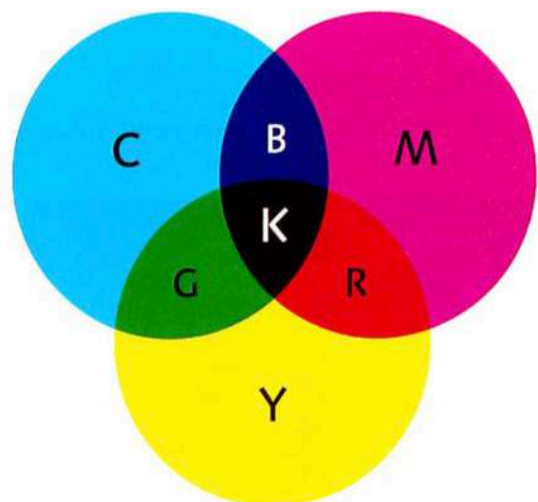


Bild 21: Subtraktive Farbmischung

¹⁴ Vgl. Rüdiger Mach: 3D Visualisierung, Optimale Ergebnispräsentation mit AutoCAD & 3DS Max (Galileo Design); 2000; S.91-95/Kapitel: Farben (Licht und Körperfarben; Farbmodelle).

2.5.6 Farbtiefe

Der Begriff der Farbtiefe, in „Bit“ angeben, bestimmt die Anzahl der maximal möglichen Abstufungen pro Farbkanal eines Pixels. Zeitgemäß arbeitet der „RGB-Modus“ mit acht Bit, das ergibt 256 unterschiedliche Farbtöne.¹⁵ Speziell für finale Architekturrenderings sind größere Farbtiefen von 16 bis 32 Bit zu empfehlen. Sie bieten eine gute Qualität für fotorealistische Visualisierungen auch im Hinblick auf nachträgliche Bildbearbeitungen. Neben der allgemeinen höheren Menge an möglichen Farbtönen sind sie in der Lage Transparenzen darzustellen.

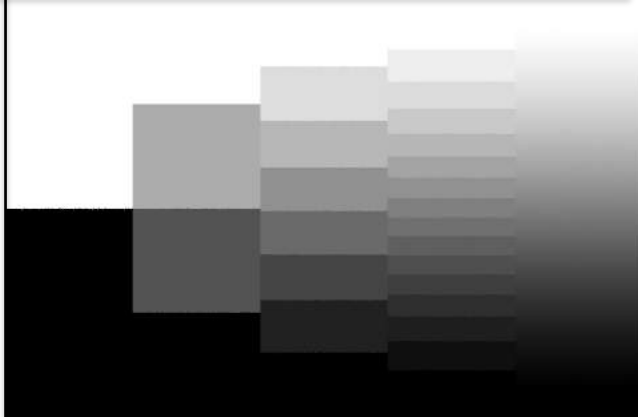
BIT	FARBTIEFE		GRAUSTUFEN NACH BIT
1 Bit:	2	(2 ¹)	
2 Bit:	4	(2 ²)	
3 Bit:	8	(2 ³)	
4 Bit:	16	(2 ⁴)	
8 Bit (RGB):	256	(2 ⁸)	
16 Bit:	65536	(2 ¹⁶)	
32 Bit:	4,3 Mrd.	(2 ³²)	
			1 Bit 2 Bit 3 Bit 4 Bit 8 Bit

Bild 22: Graustufen nach Bit

¹⁵ Vgl. Sven Fischer: Grafikformate GE-PACKT (mitp); 2001; S.403-404/Kapitel: Bit- oder Datentiefe.

2.5.7 Dateiformate

JPG (Joint Photographic Expert Group)

Dieses Dateiformat arbeitet mit einer Farbtiefe von acht Bit mit bis zu vier Farbkanälen. „JPG“ unterstützt die Farbmodelle „RGB“ und Graustufenbilder. Im Vergleich zu „PNG“ und „TIFF“ geht bei der Komprimierung Bildinformation verloren, was zu kleinen Dateigrößen führt. „JPGs“ können keinen Alphakanal und somit auch keine Transparenz wiedergeben.¹⁶

An kontrastreichen Stellen wie etwa Schriftzügen, kommt es häufig zu einer ungenauen Interpolation, was zu Qualitätseinbußen führen kann.

Die Anwendung dieses Bildformates ist wegen der kleinen Dateigröße vielfältig und vor allem in der Fotografie und im Web neben „GIFs“ und „PNGs“ sehr verbreitet.¹⁷

In der digitalen Visualisierung sind sie weniger geeignet, da durch die Komprimierung Bildinformation verloren geht und Kontraste sowie sanfte Farbverläufe (Himmel) qualitätsarm durch häufiges Auftreten von Artefakten dargestellt werden.¹⁸

PNG (Portable Network Graphics)

„PNGs“ werden auch komprimiert gespeichert, verlieren aber keine Bildinformation. Zudem ist eine Bittiefe bis zu 16 Bit/Kanal möglich bei drei Farb- und einem Alphakanal. Im Vergleich zu „JPGs“ können Transparenzen und Alphakanäle ausgegeben werden. Das Farbmodelle „RGB“ als auch „Graustufen“ und „Indizierte Farben“ werden unterstützt. Nachteil ist die Dateigröße, die je nach Szene mehrere „MBs“ groß werden kann.

¹⁶ Vgl. ebda: S.107-109/Kapitel: JPEG.

¹⁷ Vgl. Nana Swiczinsky: Grundkurs Digitale Illustrationen (Galileo Design); 2014
S.53/Kapitel: 2.2 Dateiformate und Kompression (JPEG).

¹⁸ Vgl. Sven Fischer: Grafikformate GE-PACKT (mitp); 2001;
S.119-120/Kapitel: JPEG.

PNGs sind für die Architekturvisualisierung gut geeignet, da sie anders als „JPGs“ oder „GIFs“ keine Information aufgrund der Dateigröße einsparen und die Bildqualität erhalten bleibt.¹⁹

TIFF

„TIFFs“ können bis zu 32 Bit/Kanal (Tiefe) bei maximal vier Farbkanälen erreichen. Sie verlieren während der Ausgabe keine Bildinformation und können Transparenzen in bester Qualität darstellen. Außerdem werden alle gängigen Farbmodelle wie „RGB“, „CMYK“, Schwarz/Weiß- und Graustufenbilder unterstützt. Die dadurch resultierenden großen Files können als „LZW-“ oder „ZIP-Files“ komprimiert und ohne Informationsverlust abgespeichert werden.²⁰

Dieses Dateiformat ist optimal für Drucke und Layouts und somit eine gute Alternative zu „PNGs“ beim Import von Architekturenderings. „TIFFs“ sind auch ein beliebtes Dateiformat für Photoshop.

HDR (High Dynamic Range)

Dieses hochauflösende Bildformat kann bis zu 32 Bit/Kanal wiedergeben. Das entspricht etwa 4,3 Milliarden Helligkeitsabstufungen. Finale Renderings werden in so großen Dateiformaten abgespeichert, da sie keine Bildinformation verlieren und optimal in Bildbearbeitungsprogrammen nachbearbeitet werden können. 360°- HDR-Bilder werden oftmals in virtuellen Szenen als Hintergrundbild und zusätzliche Belichtungsquelle eingefügt. Dabei werden sie halbkugelförmig über den „Dome“ positioniert.

¹⁹ Vgl. ebda; S.144-153/Kapitel: PNG.

²⁰ Vgl. ebda; S.60-74/Kapitel: TIFF.

RAW-Images

Speziell in der professionellen Fotografie haben sich Bilder im „RAW“-Format etabliert. Wie der Name („roh“, „unverbraucht“) vermuten lässt, werden Fotos dabei komplett unkomprimiert abgespeichert und verlieren daher im Vergleich zu den konventionellen „JPGs“ keine Bildinformation. Zudem beinhalten sie eine wesentlich größere Farbtiefe, nämlich je nach Leistung der Kamera von 12 bis 16 Bit. Genau wegen der fehlenden Kompression und der hohen Bittiefe sind „Rohdaten“ optimal geeignet für nachträgliche Bildbearbeitungen.

Da „RAW“-Bilder allerdings als „digitales Negativ“ abgespeichert werden, sind sie nur über spezielle Software (Fotokonverter) abrufbar. Zudem haben sie einen größeren Speicherbedarf und verlangen mehr Rechenleistung bei der Bearbeitung als kleinere Bildformate wie „JPGs“.²¹

²¹ Vgl. Michael Reichmann: Understanding RAW Files Explained (2011); 14.10.2016; Zugriff unter: <https://luminous-landscape.com/understanding-raw-files-explained/>.

2.6 RENDERGLEICHUNG

Die Rendergleichung wurden von Jim Kajiya 1986 erstmals vorgestellt und gilt heute noch als eine der wichtigsten Errungenschaften im Bereich der Computergrafik. Er entwickelte diese Formel, um zu beweisen, dass alle bisherigen Bildberechnungen auf einen gemeinsamen Ursprung zurückzuführen sind.

Dabei ist es Jim Kajiya gelungen komplexe physikalische Gegebenheiten in reduzierter Form auf einen Algorithmus zu adaptieren, der es möglich macht Bildsynthesen nahezu physikalisch korrekt und in vergleichsweise kurzen Renderzeit zu berechnen. Genauer ausgedrückt werden in dieser Integralgleichung die Ausbreitung und das Verhalten von Lichtstrahlen genauer beschrieben, ähnlich wie wir es heute von den Berechnungsarten „Raytracing“ oder „Radiosity“ kennen.²²

$$L(x, x') = g(x, x') \cdot \left(L_e(x, x') + \int_S b(x, x', x'') L(x', x'') dx'' \right)$$

Bild 23: Ursprüngliche Rendergleichung

Einfach dargestellt lässt sich die Gleichung folgendermaßen erklären.

„L“ beschreibt die Menge an Licht, die einen Punkt „x“ von einem anderen Punkt „x‘“ aus erreicht. Zusätzlich wird ein weiterer Punkt „x‘‘“ bemessen, vom dem aus direktes Licht zuerst auf Punkt „x‘“ fällt und dessen Reflexion dann auf den ersten Punkt „x“ trifft.

Zusammenfassend geht es darum, die Lichtmenge (Strahldichte) eines Pixel „x“ aus seiner Umgebung „x‘“ unter Miteinbeziehung physikalischer Faktoren (Reflexion, etc.) zu ermitteln.²³

²² Vgl. Manuel Päßler: Rendering-Ein kurzer Überblick (Fachseminar); 2010; S.12-13/Kapitel 5 Mathematische Grundlagen.

²³ Vgl. James T. Kajiya: The Rendering Equation (California Institute of Technology); 1986; S.143-144/Kapitel 1 The rendering equation.

2.7 RAYTRACING/RADIOSITY

2.7.1 Raytracing

„Raytracing“ ist ein mathematisches Verfahren, bei dem es darum geht, Spuren von Lichtstrahlen zurückzuverfolgen. Primär sollen dabei von einem bestimmten Kamerastandpunkt aus Rückschlüsse auf die Sichtbarkeit der vorhandenen Objekte und Geometrien in einer Szene gezogen und zusätzlich die direkten Lichtquellen ausfindig gemacht werden, die zugleich wesentlich für die Darstellung der diversen Oberflächen sind.

Durch das „Raytracing“ werden also nur jene Bereiche sichtbar, die aus der Blickposition (Kamera) frei und ohne Umwege von den ausgehenden Strahlen geschnitten werden. In der Regel sind das die Objekte die am nächsten zum Augpunkt liegen und nicht durch andere Geometrien verdeckt sind. Dahinterliegende Schnittpunkte werden verdeckt und somit nicht sichtbar. Durch dieses Verfahren können außerdem verschattete Flächen ausfindig gemacht werden.

Auf eine Bildebene, die zwischen dem Augpunkt und der Objekte liegt, werden anhand des „Raytracing“ nur die sichtbaren Bereiche der Szene als zweidimensionales Rasterbild projiziert. Diese „Strahlenverfolgung“ wird bei jeder Positionsänderung der Kamera oder Objekte neu berechnet.²⁴

„Raytracing“ kommt sowohl für die Visualisierung von Einzelbildern als auch im Bereich des Echtzeitrenderns zum Einsatz. Ebenso bedienen sich etliche andere Berechnungsmethoden am System der Strahlenverfolgung wie etwa das „Inside-Out“-Verfahren bei der Ermittlung des „Ambient Occlusion“.

²⁴ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.110-111/Kapitel 4.7.2 Raytracing.

2.7.2 Funktionsweise

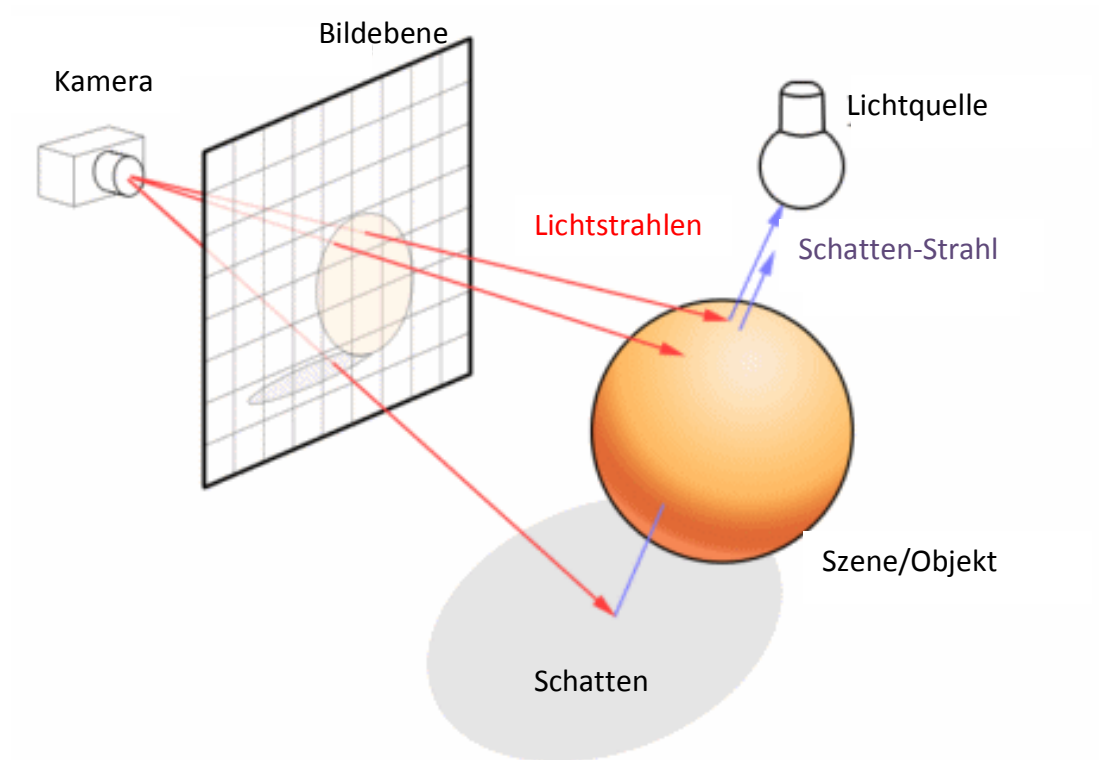


Bild 24: Raytracing

2.7.3 Radiosity

„Radiosity“ ist ein Algorithmus für eine indirekte Beleuchtung, die vorwiegend bei 3D-Rundgängen im virtuellen Raum zum Einsatz kommt. Dabei wird Licht von allen Oberflächen gleichsam in alle Richtungen reflektiert. Dieses System funktioniert blickpunktunabhängig für die gesamte Szene, die nach einer meist sehr zeitintensiven Berechnung vollkommen belichtet und in Echtzeit frei betrachtet werden kann.²⁵ Die 3D-Vorzeigefenster diverser CAD- und Modelliersoftware laufen über die „Radiosity“-Berechnungsmethode und ermöglichen somit eine virtuelle, frei begehbare Navigation.

²⁵ Vgl. ebda; S.112/Kapitel 4.7.3 Radiosity.

2.8 SHADING

Neben der Berechnung von Lichtverteilung und Verdeckung durch das Raytracing ist „Shading“ die dritte Kalkulation während des Renderprozesses. Dabei wird die Darstellung der Oberflächen je nach „Shading“-Methode unterschiedlich simuliert. Im Grunde funktionieren alle Methoden über die Berechnung der Verschattung der einzelnen Geometrien und die daraus resultierenden Färbungen. Um den Verschattungsgrad genau zu definieren werden geneigte Flächen in einzelne Dreiecke aufgeteilt. Der Unterschied zwischen den „Shading“-Arten zeigt sich darin, wie die Farbverläufe zwischen den erzeugten Polygonen dargestellt werden.²⁶

2.8.1 Flat Shading

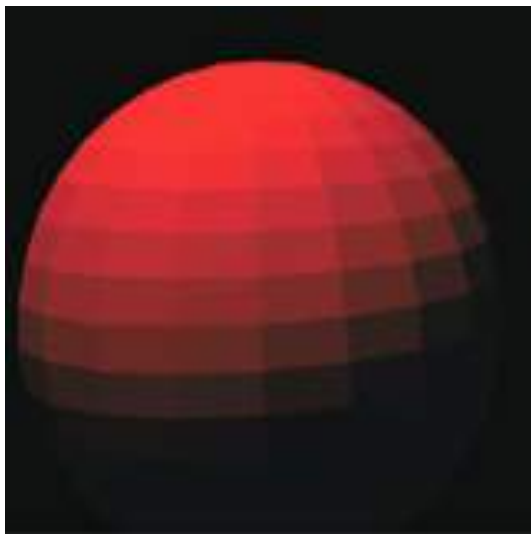


Bild 25: Flat Shading

Bei dieser Methode werden je nach Schattierungsgrad der Oberflächen, Durchschnittswerte der Farbtöne für jedes Polygon kalkuliert. Größter Vorteil beim „Flat Shading“ ist die einfache und schnelle Berechnungsgeschwindigkeit. Nachteile zeigen sich in der Qualität der Darstellung. Farbverläufe werden nicht kontinuierlich wiedergegeben und runde Körper wirken kantig. Zudem werden Lichtreflexionen und Transparenzen nicht mitkalkuliert.²⁷

²⁶ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.112/Kapitel 4.7.4 Shading.

²⁷ Vgl; ebda; S.113/Kapitel 4.7.4 Flat Shading.

2.8.2 Gouraud Shading

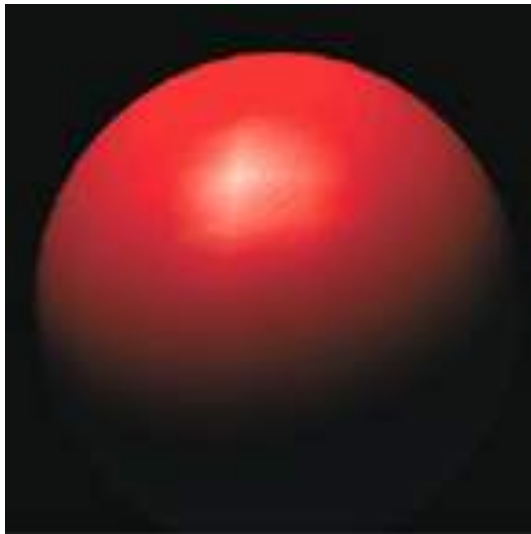


Bild 26: Gouraud Shading

Dieses Verfahren interpoliert die Farbtöne in den Ecken der einzelnen Polygone. Dadurch entstehen kontinuierliche Farbverläufe und Verschattungen, was zu einer realistischeren Darstellung als beim „Flat Shading“ führt. Oberflächen wirken allerdings genauso matt und glanzlos, da auch hier Lichtreflexionen und Transparenzen unberücksichtigt bleiben. Unabhängig von den Materialeigenschaften wird Licht in alle Richtungen einheitlich verstreut.²⁸

2.8.3 Phong Shading

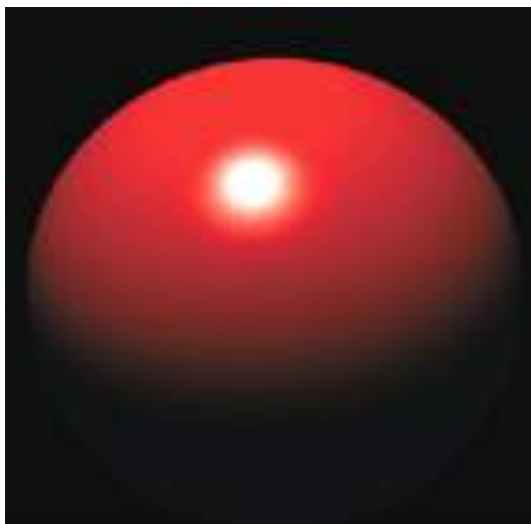


Bild 27: Phong Shading

Die dritte „Shading“-Methode beinhaltet die aufwendigste Kalkulation der Verschattung und deshalb auch die längste Renderzeit. Über die zusätzliche Berechnung von Flächennormalen auf und entlang der Polygonecken können die Farbwerte genauer interpoliert werden. Ergebnis sind sanfte Farbverläufe und realistischer wirkende Oberflächen.²⁹

²⁸ Vgl. ebda; S.113/Kapitel 4.7.4 Gouraud Shading.

²⁹ Vgl. ebda; S.113/Kapitel 4.7.4 Phong Shading.

2.9 ANTIALIASING (KANTENGLÄTTUNG)

2.9.1 Begriffserklärung

Unter „Antialiasing“ versteht man in der Computergrafik die Glättung von mehr oder minder treppenartig dargestellten Kanten in einer Rastergrafik. Dieser Stufeneffekt wird vor allem bei runden und diagonalen Rändern ersichtlich.³⁰ Alternativ führt auch eine Erhöhung der Pixeldichte (DPI) zu einer Reduktion dieser scharfkantigen Erscheinung, setzt allerdings hohe Systemanforderungen und lange Renderzeiten voraus, da der benötigte Speicher bei einer Erhöhung der Auflösung quadratisch ansteigt. (Beispiel: Eine dreifache Bildgröße würde zu einer neunfachen Dateigröße führen.)³¹

Je nach Art der Berechnungsmethode werden bei dieser „Kantenglättung“ die Farbwerte der betroffenen Pixel mit den benachbarten Farbtönen durch Interpolation neu angepasst, wobei es zu einem sanfteren Kontrastübergang und somit einer Minimierung des Treppeneffektes kommt.

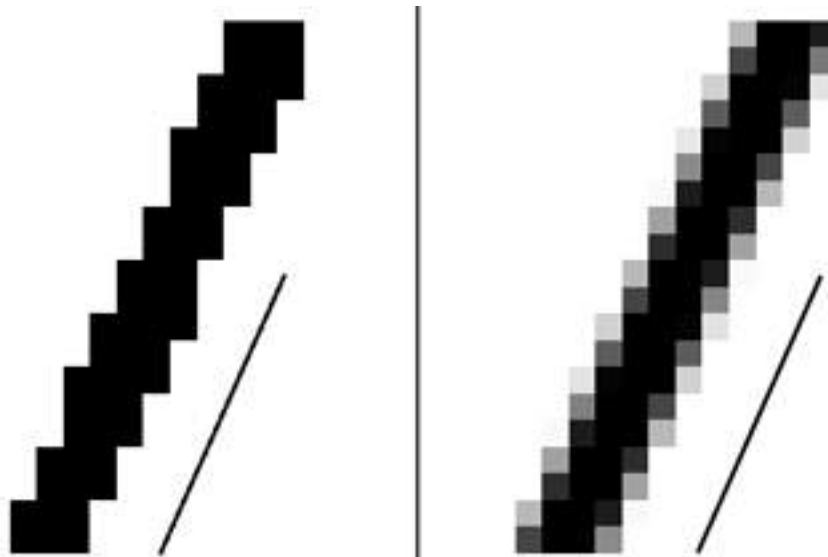


Bild 28: Treppeneffekt-Antialiasing

³⁰ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.110/Kapitel 4.7.1: Vektor, Pixel, Antialiasing.

³¹ Vgl. Murat Bezel & Michael Kobzan: 3D-Rendering und Animation (Markt&Technik); 1996; S.378/Kapitel 4.2.5 Anti Aliasing.

Die Verbesserung der „Antialiasing“-Qualität hat allerdings auch negative Aspekte. Es erfordert eine höhere Rechenleistung und führt deshalb zu einer verlängerten Renderzeit. Ein weiterer Nachteil ist, dass eine kantengeglättete Visualisierung bei Verwendung des falschen Rekonstruktionsfilters unscharf und sehr feine Konturen zwangsweise etwas verschwommen wirken können.³²

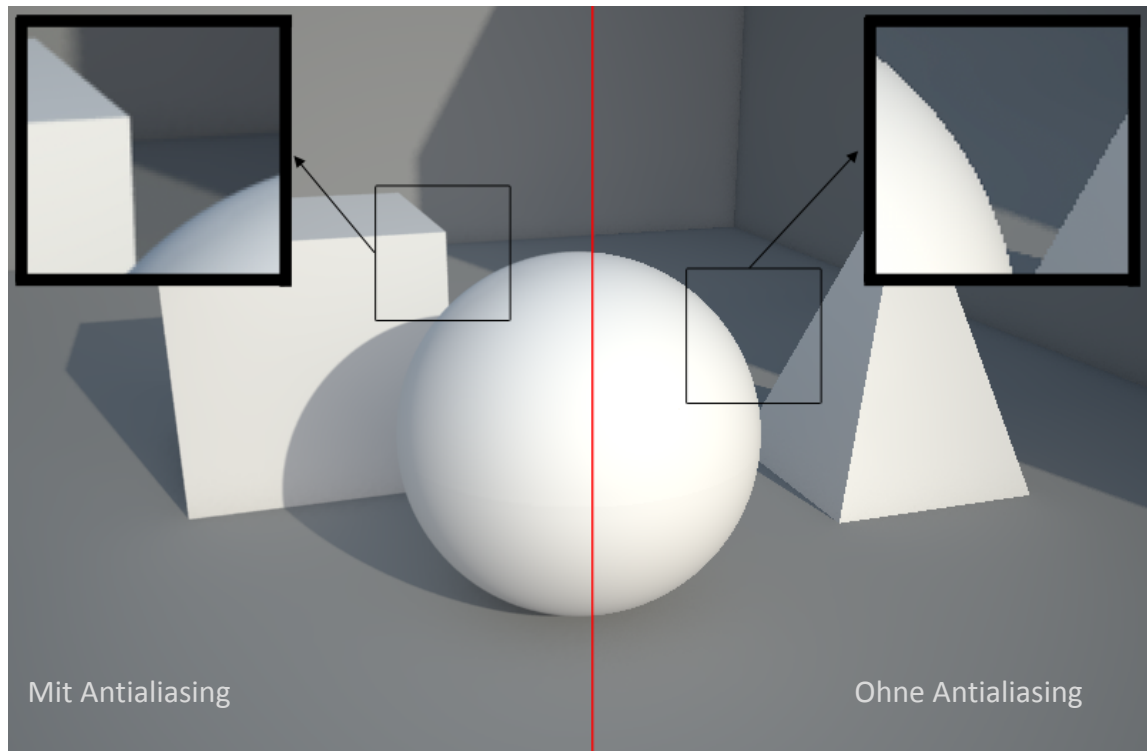


Bild 29: Antialiasing-Vergleich

2.9.2 Berechnungsmethoden

Zwei Berechnungsmethoden werden unterschieden:

Over-Sampling

Bei der ersten Methode, dem sogenannten „Super Sampling“, rendert das Programm auf einer erhöhten Auflösung und kalkuliert einen Mittelwert mit heruntergerechneter Information. Dabei werden die einzelnen Bildpunkte in „Subpixel“ aufgelöst. Die Menge der „Subpixel“ ist die Anzahl der Unterteilungen zum Quadrat. Feinere Unterteilungen

³² Vgl. ebda; S.388.

führen demnach zu einer genaueren Kantenglättung, allerdings auf Kosten einer verlängerten Renderzeit.³³

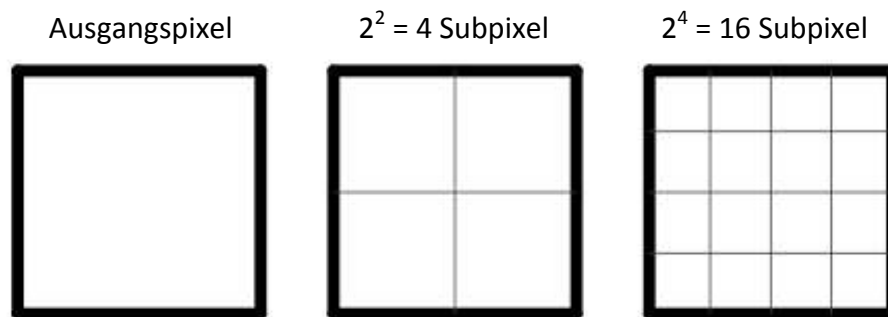


Bild 30: Pixel-Subdivision

Under-Sampling

Anders als beim „Super Sampling“ werden beim „Under-Sampling“ die Bildpunkte nicht in feinere „Subpixel“ aufgeteilt sondern quadratisch zusammengefasst. Vorteil dieser Variante ist die rasche Berechnungszeit des Antialiasing. Aus diesem Grund ist es eine optimale Wahl für Testrenderings.³⁴

2.9.3 Typen

Die meisten Renderprogramme bieten diverse Einstellungsmöglichkeiten für „Antialiasing“ an. Im weitverbreiteten „V-Ray“ beispielsweise stehen drei unterschiedliche Haupttypen zur Auswahl, „Fixed Image Sampler“, „Adaptive DMC“ und „Adaptive Subdivision“. Sie regeln primär das algorithmische Verfahren der Kantenglättung. Vereinfacht ausgedrückt, definieren sie welche Pixel betroffen sind und wie sie schlussendlich neu eingefärbt werden.

³³ Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.34/Kapitel 1.3.10: V-Ray Image sampler (Antialiasing), Oversampling (Supersampling).

³⁴ Vgl. ebda; S.34/Kapitel 1.3.10: V-Ray Image sampler (Antialiasing): Undersampling.

Fixed Image Sampler

„Fixed Image Sampler“ wählt immer dieselbe Anzahl an „Subpixel“ pro Bildpunkt unabhängig von Farbverläufen und Kontrasten und ist somit mathematisch gesehen der simpelste Algorithmus.³⁵

Diese Variante erzielt die hochwertigsten Ergebnisse bei komplexen Geometrien mit detaillierten Texturen. Voraussetzung ist allerdings eine Erhöhung des „Subdivision“-Wertes, was indes, die eigentlich recht schnelle Render-Geschwindigkeit stark verzögern kann. Auch bei Szenen mit Bewegungsunschärfe („Motion Blur“) ist „Fixed Image Sampler“ eine gute Wahl.³⁶

Adaptive DMC

Diese Methode arbeitet mit einer variablen Anzahl an Subpixel pro Bildpunkt abhängig von Intensität der Farbunterschiede und Kontraste.

Er eignet sich für Szenen mit vielen kleinen Details und ist vermutlich die beste Lösung bei der Darstellung von Fellen und Vegetation wie Gräser oder Laubwerk. Der Typ ist außerdem bei Bildern mit Tiefenschärfe und glänzenden Reflexionen eine gute Alternative. In Bezug auf die Renderzeit liegt „Adaptive DMC“ zwischen „Fixed“ und „Adaptive Subdivision“.³⁷

Adaptive Subdivision

Diese Methode teilt das Bild in eine adaptive Rasterstruktur und berechnet die Pixel abhängig der Farbintensität und Kontraste der Pixel. Im Vergleich zu „Adaptive DMC“ beherrscht „Adaptive Subdivision“ auch „Under-Sampling“.

Es ist die optimale Wahl für smooth Szenen mit glatten und weichen Texturen, allerdings ungeeignet bei Tiefenschärfe, Global Illumination, Reflexionen und detaillierten Texturen. Außerdem liefert es die besten Resultate bei beinahe

³⁵ Vgl. ebda.

³⁶ Vgl. Chaos Software Ltd: Render Settings-Image Sampler (Antialiasing); 14.10.2016; Zugriff unter: <https://docs.chaosgroup.com/pages/viewpage.action?pageId=2556782>.

³⁷ Vgl. ebda.

horizontalen und vertikalen Kanten. Die Renderzeit ist schwer einschätzbar und abhängig von den vorhandenen Effekten.³⁸ Durch das „Under-Sampling“ kann die Renderdauer verkürzt werden.

2.9.4 Filter

Es wird eine Vielzahl an Filtern angeboten, die bei richtiger Anwendung nicht nur die Bildqualität verbessern, sondern auch für eine kürzere Renderzeit sorgen können. Sie bestimmen, wie die Übergänge benachbarter Farbtöne der einzelnen Pixel verlaufen sollen und definieren somit den Schärfegrad der Darstellung. Speziell für Architekturvisualisierungen werden in der Regel Filter mit einer verhältnismäßig scharfen Kantendarstellung, wie beispielsweise „Box“ oder „Catmull-Rom“, verwendet.

Box-Filter

Die Methode „Box-Filter“ funktioniert mit einer gleichmäßigen Flächenabtastung und ist somit der simpelste Berechnungsalgorithmus. Dabei wird ein Durchschnittswert jener Farbtöne innerhalb eines zuvor definierten Bereiches interpoliert und auf den zentralen Pixel übertragen. Alle eingeschlossenen Farbwerte der angrenzenden Bildpunkte werden für die Berechnung gleich gewichtet. Aus diesem Grund ist der „Box-Filter“ die einfachste und schnellste Variante, für finale Renderings qualitativ betrachtet jedoch nicht die beste Lösung.³⁹

Weighted Area Sampling

Die nachfolgenden Filter arbeiten im Gegensatz zum „Box-Filter“ mit einer gewichteten Flächenabtastung. Dies bedeutet eine positionsabhängige Interpolation der angrenzenden Pixel, was in der Regel zu einer hochwertigeren, allerdings auch rechenintensiveren, Kantenglättung führt.

³⁸ Vgl. ebda.

³⁹ Vgl. ebda.

Area

Beim „Area-Filter“ ist die Qualität der Kantenglättung besser als beim „Box-Filter“, allerdings kann das gesamte Bild leicht unscharf wirken. Die Renderzeit ist vergleichsweise gut. Nur „Box-Filter“ kalkuliert in der Regel schneller.⁴⁰

Mitchell-Netravalali

Der „Mitchell-Netravalali-Filter“ bietet eine gute Kontrolle zwischen Kantenglättung und Schärfegrad der Illustration. Hohe Werte steigern den Kontrast, was zu einem comicartigen Aussehen führen kann.⁴¹

Catmull-Rom

Für Architekturvisualisierungen ist womöglich der „Catmull-Rom-Filter“ am geeignetsten. Er stellt Kanten und Oberflächen scharf und kontrastreich dar. Ein Weichzeichnungseffekt ist kaum spürbar. Die Renderzeit hängt von der Komplexität der Szene ab, ist aber in den meisten Fällen konstant gut.⁴²

Gauß

Der „Gaussian-Filter“ führt zu den weichsten Kanten auf Kosten eines hohen Unschärfegrades des gesamten Bildes. Texturen wirken verwaschen, somit für Architekturvisualisierungen in den meisten Fällen eher ungeeignet. Renderzeit ist vergleichbar mit der des „Box-Filters“.⁴³

⁴⁰ Vgl. ebda.

⁴¹ Vgl. ebda.

⁴² Vgl. ebda.

⁴³ Vgl. ebda.

2.9.5 Beispiele – Filter

Kein Filter

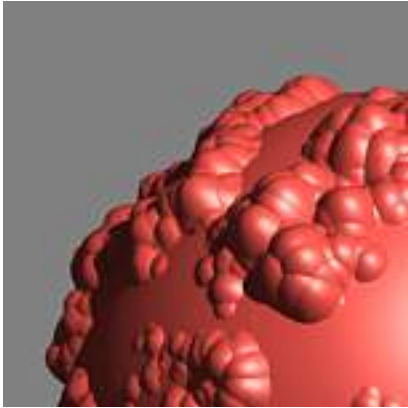


Bild 31: kein Filter

Box Filter

Ungewichtete Berechnung
Kurze Renderzeit

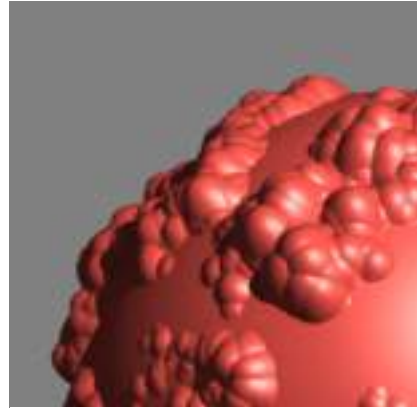


Bild 32: Box Filter

Area Filter (Wert 1,5)

Leichte Unschärfe
Bessere Kantenglättung als Box-Filter

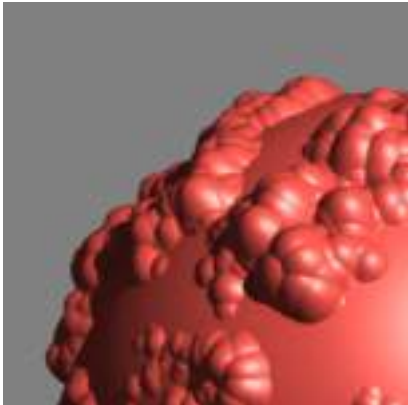


Bild 33: Area Filter 1,5

Area Filter (Wert 4,0)

Große Unschärfe

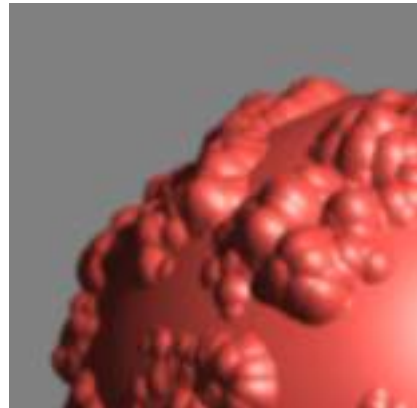


Bild 34: Area Filter 4

Blend Filter

Kombination aus scharfem und weichem Filter
„Dreamy Effect“

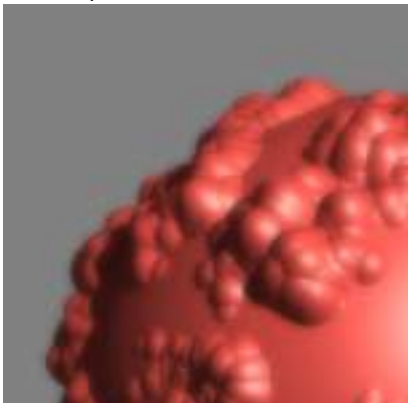


Bild 35: Blend Filter

Catmull-Rom

Scharfe Kantendarstellung
Gut für Architekturvisualisierungen

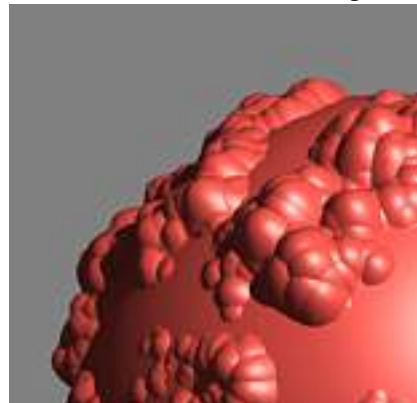


Bild 36: Catmull-Rom

Mitchell-Netravalı (Wert 1,5)
Kontrolle über Kantendarstellung
und Schärfegrad

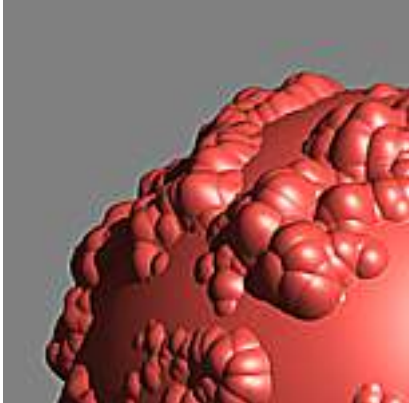


Bild 37: Mitchell-Netravalı 1,5

Mitchell-Netravalı (Wert 2)
Scharfe Kantendarstellung
„Cartoonstyle- Effekt“

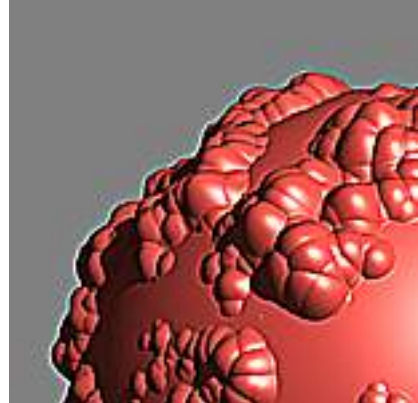


Bild 38: Mitchell-Netravalı 2

Gaussian Filter
Hohe Unschärfe
Weiche Kanten

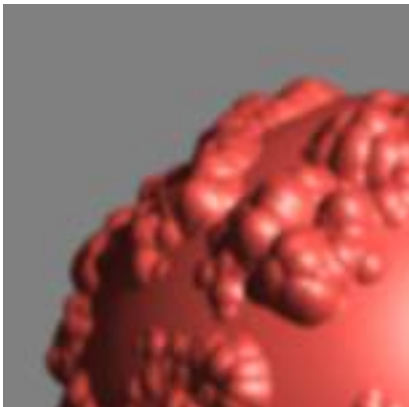


Bild 39: Gaussian Filter

2.9.6 Schlussfolgerung

Da der „Fixed Image Sampler“ alle Bildpunkte gleichwertig berechnet, ist er, bei Erhöhung des „Subdivision-Wertes“, für detailreiche und komplexe Szenen die wohl beste Wahl, was sich allerdings auch negativ auf die Renderzeit auswirken kann.

Der „Adaptive DMC Sampler“ ist bei detaillierten Geometrien und Oberflächen mit diffusen Reflexionen ein guter Kompromiss in Bezug auf Qualität und Renderzeit. Außerdem ist diese Methode in der Lage des „Under-Samplings“.

Der „Adaptive Subdivision Sampler“ ist die optimale Lösung für durchschnittlich komplexe Geometrien mit glatten und weichen Texturen. Die Renderzeit ist szenenabhängig und daher schwer einschätzbar. Generell arbeitet diese Variante mit der genauesten algorithmischen Unterteilung der Bildpunkte.

Die Verwendung der angemessenen Filter ist primär von der Szene und den Stilanforderungen abhängig. Speziell im Bereich der Architekturvisualisierung ist der „Catmull Rom“-Filter eine gute Alternative, da er den geringsten Weichzeichnungseffekt bei der Kantenglättung aufweist.⁴⁴

⁴⁴ Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.35/Kapitel 1.3.10: V-Ray Image sampler (Antialiasing).
&
Vgl. Chaos Software Ltd: Render Settings-Image Sampler (Antialiasing); 14.10.2016; Zugriff unter: <https://docs.chaosgroup.com/pages/viewpage.action?pageId=2556782>.

2.10 TONE MAPPING

2.10.1 Begriffserklärung

„Tone Mapping“ oder auch „Color Mapping“ ist ein wesentlicher Faktor für realistische Darstellung von Farbtönen in der digitalen Visualisierung. Im Allgemeinen werden hierbei Farbwerte, Helligkeiten und Kontraste gesteuert und angepasst.

Im Vergleich zur realen Fotografie unterscheiden sich digital produzierte Visualisierungen vor allem im Bereich der Farb- und Helligkeitswahrnehmung. In computergenerierten Bildern wirken sehr helle Bereiche oft ausgebrannt und unrealistisch, während Innenraum- oder Nachtszenen meist zu dunkel erscheinen. Grund dafür ist ein zu simples Berechnungsverfahren, das die Fähigkeiten des menschlichen Auges, wie beispielsweise die Anpassung des Sehorganes an die Dunkelheit nach einiger Zeit, nicht berücksichtigt. Durch diese Tonwertkorrektur werden physikalische Eigenschaften des menschlichen Auges imitiert und vermitteln somit eine realistischere Darstellung. In den Renderprogrammen ist das „Color Mapping“ kein einfacher Postprozess, wie beispielsweise nachträglich aufgebrachte Filter, sondern nimmt direkt Einfluss auf die Kalkulation der Belichtung und folglich auf die finale Darstellung der Oberflächen.

Mittlerweile werden unterschiedliche Methoden des „Color Mappings“ angeboten, die je nach Szene und Gebrauch manuell angepasst werden können. In der Architektur, hauptsächlich bei dunklen Indoor-Szenen, ist eine korrekte Anwendung des „Color Mappings“ ausschlaggebend, da das Endergebnis oft den Eindruck vermitteln könnte, zu schwach belichtet zu sein. Auf der Gegenseite kann es bei hellen Außenraum-Illustrationen, ohne dieser „Farbanpassung“ häufig zu ausgebrannten Texturen kommen.⁴⁵

⁴⁵ Vgl. VRAYforC4D: Render Settings–Color mapping; 14.10.2016; Zugriff unter <http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/render-settings/color-mapping>.

2.10.2 Typen

Die unterschiedlichen Renderprogramme bieten meist eine Vielzahl an „Color-Mapping“-Typen an, die je nach Bedarf ausgewählt werden können. Hauptsächlich vertreten sind lineare und exponentielle Berechnungsmethoden. Die folgende Auflistung sind Beispiele aus „V-Ray“.

Linear Multiply

Bei dieser linearen Methode werden finale Farben mit einem bestimmten Helligkeitsfaktor multipliziert. Zu helle Farbtöne werden aussortiert. Dies führt oft zu ausgebrannten Stellen bei stark beleuchteten Bereichen. Da diese Variante vom rechnerischen Aufwand her der simpelste Typ ist, hat sie dementsprechend auch die kürzeste Renderzeit.⁴⁶

Exponential

Bei dieser Berechnungsmethode erfahren die einzelnen Farben eine Sättigung basierend auf ihre Helligkeitswerte. Dies ist hilfreich um ein Ausbrennen an sehr hellen Bereichen zu verhindern. Anders als bei „Linear Multiply“ werden hierbei keine helle Stellen aussortiert, sondern lediglich gesättigt.⁴⁷

HSV Exponential

Der Modus ist dem Vorhergehenden sehr ähnlich, wobei dieser die Helligkeit und Kontraste der Farben bewahrt, anstatt an die Farbe Weiß anzugleichen. Das Ergebnis wirkt folglich weniger ausgewaschen.⁴⁸

⁴⁶ Vgl. ebda.

⁴⁷ Vgl. ebda.

⁴⁸ Vgl. ebda.

Intensity Exponential

Auch diese Methode ist den vorherigen zwei im Grunde ähnlich, allerdings wird hierbei auf das Verhältnis der RGB-Farbkomponenten eingegangen und beeinflusst deshalb die Intensität der Farben.⁴⁹

Gamma Correction

In diesem Modus kommt eine Gammakurve für die Farben zum Einsatz. Es findet eine Gammakorrektur unter Miteinbeziehung von „Dark- und Bright- Multiplier“ statt.⁵⁰

Intensity Gamma

Hierbei steuert eine Gamma-Kurve die Farbintensität im gesamten Bild, anstatt von jedem Farbkanal (RGB) unabhängig.⁵¹

Reinhard

Diese Berechnungsmethode ist ein Hybrid zwischen „Linear Multiply“ und „Exponential“. Je nach Helligkeit des Pixels wird eine der zwei Algorithmen angewandt. Diese Variante sorgt für keine ausgebrannten Stellen und dennoch kurzen Renderzeiten.⁵²

⁴⁹ Vgl. ebda.

⁵⁰ Vgl. ebda.

⁵¹ Vgl. ebda.

⁵² Vgl. ebda.

Gegenüberstellung: Linear Multiply, Exponential, HSV Exponential

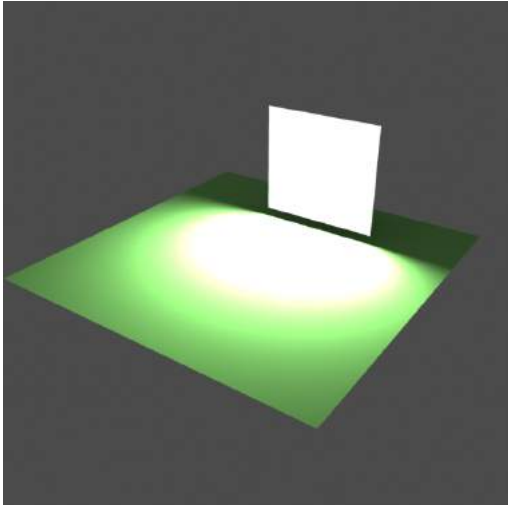


Bild 40: Linear Multiply Bsp. 1

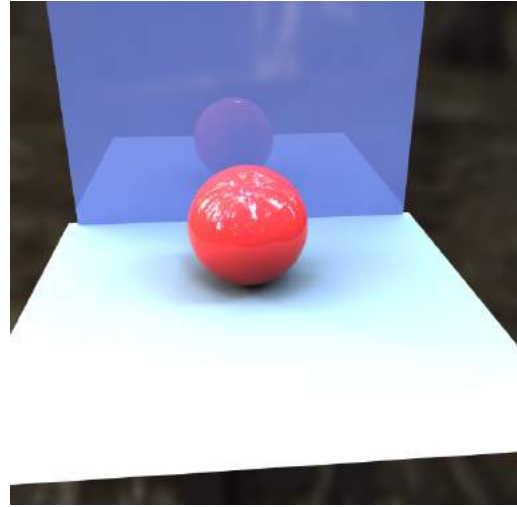


Bild 41: Linear Multiply Bsp. 2

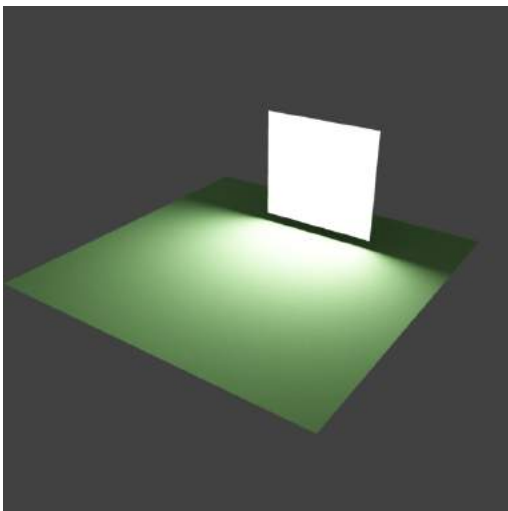


Bild 42: Exponential Bsp. 1

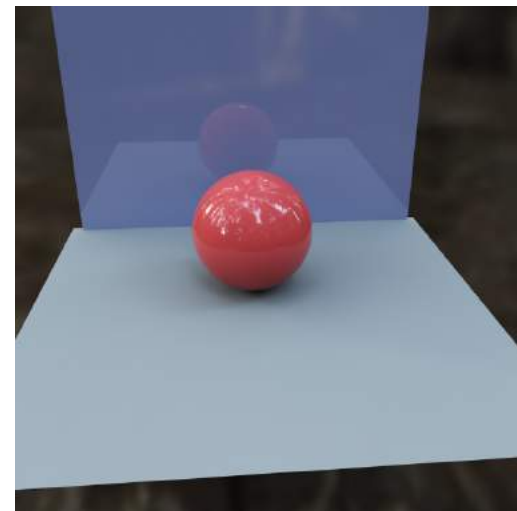


Bild 43: Exponential Bsp. 2

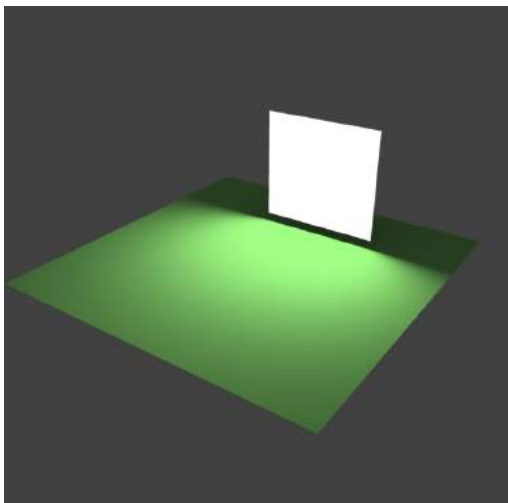


Bild 44: HSV Exponential Bsp. 1

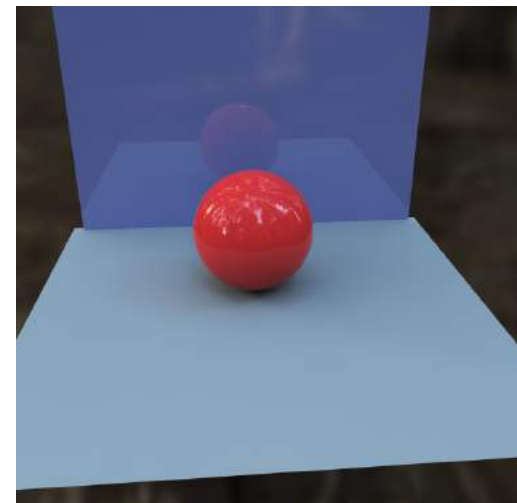


Bild 45: HSV Exponential Bsp. 2

2.10.3 Begriffe

Gamma

Eine „Gammakorrektur“ ist ein wichtiger Parameter für die optische Ausgabe von Bildern, indem es visuelle Unterschiede in der Wahrnehmung von Realität und digitalen Bildern ausgleicht. Vor allem Helligkeitswerte und Kontraste können durch diese Korrektur auf einem Anzeigegerät (Computerbildschirm) über die Potenzfunktion ($A=E^{\gamma}$) der natürlichen Sinneswahrnehmung angepasst werden. Ein „Gammawert“ von 1 bewirkt eine lineare Farbwiedergabe und somit keine Tonwertkorrektur. Werte größer als 1 hellen das Bild auf während Werte unter 1 zu einer Verdunkelung führen. Dadurch sollen sowohl zu dunkle als auch zu helle (ausgebrannte) Bereiche im Bild entschärft werden. Für die Darstellung auf Monitoren hat sich ein „Gamma“ von 2,2 etabliert.

Bei der Erstellung von digitalen Visualisierungen können „Gammakorrekturen“ während des Renderprozesses direkt mitkalkuliert oder nachträglich in Bildbearbeitungsprogrammen angepasst werden. Am besten eignen sich dafür Renderings mit einer Farbtiefe von 32 Bit (HDR-Image). Für Innenraumszenen mit vielen dunkleren Bereichen empfehlen sich höhere „Gammawerte“, um das Bild optisch aufzuhellen. Außenraumszenen mit ausreichender Belichtung benötigen in der Regel keine intensive „Gammakorrektur“. Wie groß dieser Wert schlussendlich für eine optimale Darstellung sein sollte, ist von Szene zu Szene unterschiedlich. Die „Gammakorrektur“ ist in der Berechnung unabhängig vom „Color Mapping“-Modus.⁵³

⁵³ Vgl. ebda.

Dark Multiplier

Multipliziert die Farbtonwerte von dunklen Bereichen im Bild. Ideal für sehr helle Außenraumszenen.⁵⁴

Bright Multiplier

Multipliziert die Farbtonwerte von hellen Bereichen im Bild. Ideal für dunkle Innenraumszenen.⁵⁵

Adapatation Only

Bei Aktivierung wird das „Color Mapping“ nicht auf das finale Rendering übertagen, allerdings im Hintergrund mitberechnet. Empfehlenswert für spätere Postproduktion in Fotobearbeitungsprogrammen.

Affect Background

Bei Deaktivierung nimmt das „Color Mapping“ keinen Einfluss auf die Hintergrundfarbe bzw. Textur.⁵⁶

⁵⁴ Vgl. ebda.

⁵⁵ Vgl. ebda.

⁵⁶ Vgl. ebda.

2.10.4 Schlussfolgerung

Bei korrekter Anwendung des „Color Mappings“ können die Wahrnehmungsunterschiede zwischen Realität und Bildschirmdarstellung angepasst werden. Eindrucksvolle Grafikeffekte sind nicht der Sinn des „Color Mapping“, vielmehr die sanfte Optimierung der Helligkeit und Kontraste. Vor allem bei dunklen Innenraum- und sonnigen Außenraumszenen ist es ein entscheidender Einflussfaktor, um zu dunkle oder ausgebrannte Bereiche zu vermeiden.

Falsche Einstellungen beim „Tone Mapping“ können auch zu schlechten Ergebnissen führen und sollten deshalb stets mit Bedacht und dem nötigen Knowhow geändert werden. Testrenderings sind daher ratsam. Außerdem beansprucht „Color Mapping“ mehr Rechenleistung und führt demzufolge zu längeren Renderzeiten.

Durch Bildbearbeitungsprogramme wie „Photoshop“ ist es möglich eine Tonwertkorrektur auch nachträglich anzuwenden. Für ein optimales Ergebnis sollten hierbei „High Dynamic Range“-Bildformate in 32 Bit verwendet werden.

2.11 AMBIENT OCCLUSION

2.11.1 Begriffserklärung

„Ambient Occlusion“ oder auch „Umgebungsverdeckung“ ist eine spezielle „Shading“-Methode, die sowohl beim Echtzeitrendern als auch beim Erstellen von Architekturvisualisierung oft zum Einsatz kommt, um bestimmte Bereiche wie Ecken, Kerben oder Rillen, aber auch Kontaktbereiche zwischen Objekten, zu verschatten. In theoretischer Weise wird dabei, unabhängig der eigentlichen Beleuchtung, der Verdeckungsgrad der Elemente in einer Szene untereinander und folglich die daraus resultierende Menge des abgeschirmten „Ambient Light“ (Umgebungslicht) ermittelt.⁵⁷ Vereinfacht ausgedrückt bedeutet dies, dass in besagten Kontaktbereichen nicht mehr genügend Licht ankommt und sie daher dunkler erscheinen. Direkte Lichtquellen wie Sonnenlicht werden für die Berechnung nicht miteinbezogen, lediglich diffuse Umgebungslichter.⁵⁸

Das Phänomen „Ambient Occlusion“ ist auch in der Realität ein ständiger Wegbegleiter, wird allerdings von der Allgemeinheit nicht bewusst wahrgenommen, da diese Art der Verschattung schlichtweg als selbstverständlich angesehen wird. Ein von mir gern demonstriertes Beispiel für „AO“ sind etwa die dunklen Zwischenräume von sich berührenden Fingern. Diese Veranschaulichung ist zwar etwas banal, gibt jedoch den Grundgedanken des „Ambient Occlusion“ verständlich wieder. Im Prinzip führt jeglicher Kontakt zwischen Objekte zu diesem Effekt.

⁵⁷ Vgl. Stefan Müller: Diplomarbeit (Ambient Occlusion zwischen sich frei bewegenden Starrkörpern mittels Coherent Shadow Maps); 2008; Seite 13/Kapitel 3: Ambient Occlusion.

⁵⁸ Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.16/Kapitel 1.3.3: Ambient Occlusion.

Ambient Occlusion – Vergleich

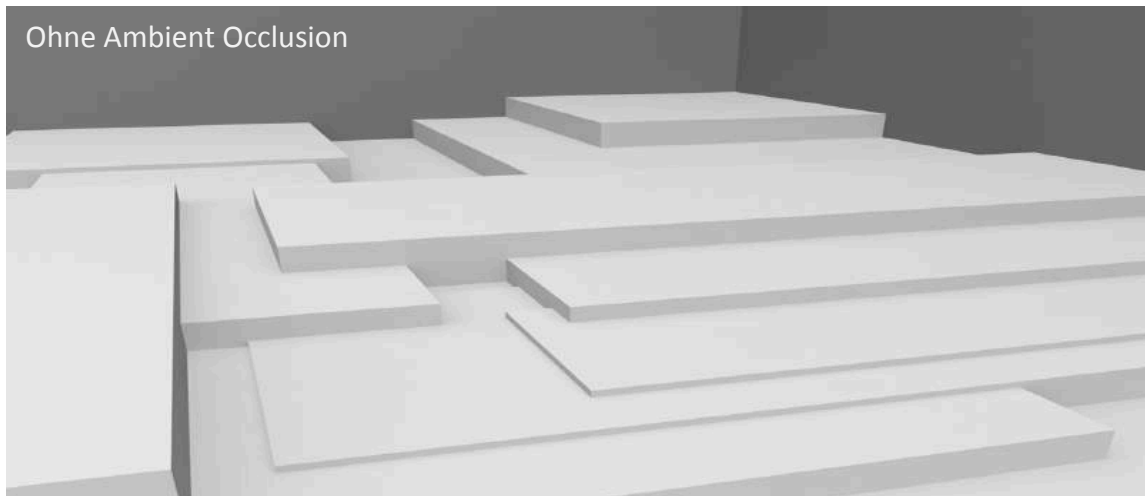


Bild 46: Ohne AO

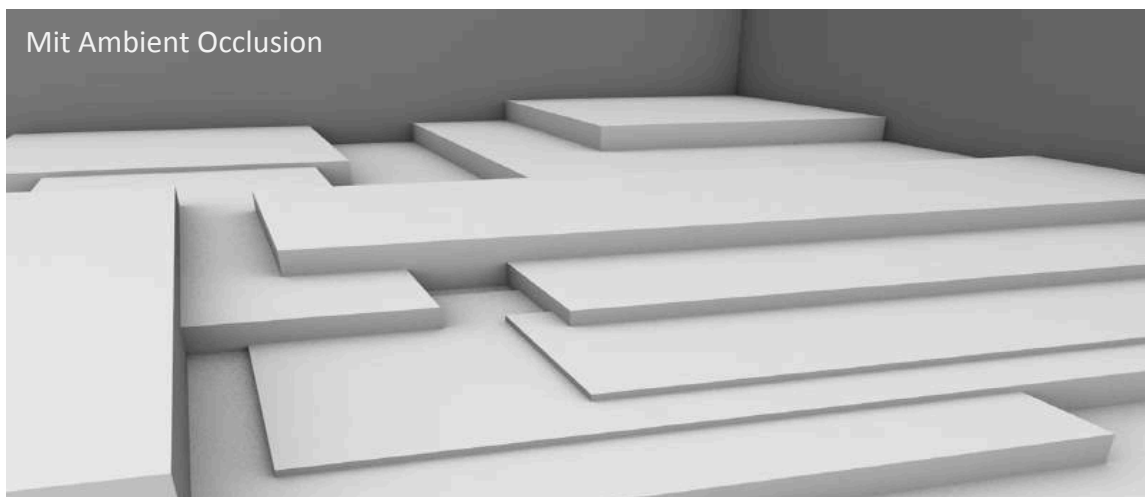


Bild 47: Mit AO

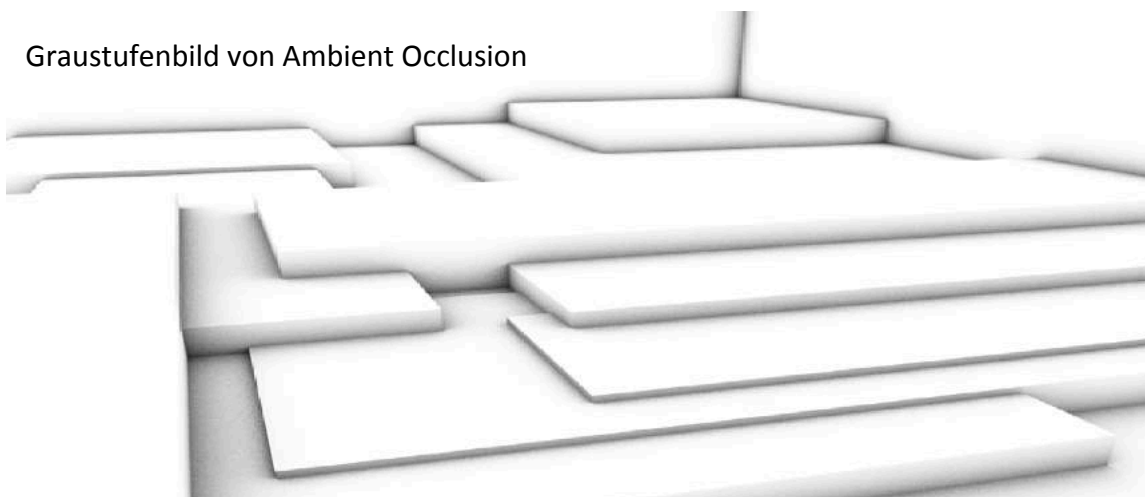


Bild 48: Graustufenbild AO

2.11.2 Funktionsweise

Für die Berechnung des „AO“ auf computergestützten Systemen wird davon ausgegangen, dass die komplette Szene von einem Lichtdome umgeben ist und somit jeder Bildpunkt gleich von allen Seiten beleuchtet wird. Diese Annäherung ist am besten mit dem indirekten Himmelslicht vergleichbar. Die Menge des ankommenden Lichtes in den betroffenen Bereichen ist ein wesentlicher Indikator für die Intensität der „Umgebungsverdeckung“. Diese algorithmische Berechnung ist physikalisch gesehen nicht gänzlich korrekt, steigert aber dennoch den Realismusgrad ohne bedeutenden zusätzlichen Rechenaufwand.⁵⁹

Vor allem beim Echtzeitrendern ist dies eine effiziente Methode Verschattungen ohne globale Beleuchtung naturgetreu darzustellen. Bei Einzelvisualisierungen ist es ratsam in Kombination mit „Global Illumination“ zu arbeiten, um ein möglichst naturgetreues Ergebnis zu erzeugen. Über die Funktion des „Multipass“ ist es möglich, die Verschattung durch „AO“ als gesonderten Layer in Form eines Graustufenbildes auszugeben.⁶⁰

⁵⁹ Vgl. Andreas Asanger: Cinema 4D 12 (Galileo Design); S.633-634/Kapitel: 38.1 Ambient Occlusion.

⁶⁰ Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.16/Kapitel 1.3.3: Ambient Occlusion.

2.11.3 Berechnungsverfahren

Inside-Out-Verfahren

Bei ersterer Methode wird, vereinfacht ausgedrückt, die Verdeckung aus Sicht der darzustellenden Bereiche untersucht, wobei mittels „Raytracing“ mögliche Aufeinandertreffen mit anderen Geometrien festgestellt werden. Dadurch wird ausgehend vom Lichtdome ermittelt, aus welcher Richtung und in welcher Intensität Lichtstrahlen auf die betroffenen Punkte fallen. Mittels Integration wird der Grad der „Umgebungsverdeckung“ berechnet. Diese Ergebnisse sind stets Annäherungen. Dies ist die gängige Variante zur Berechnung des „AO“.⁶¹

Outside-In-Verfahren

Konträr zum „Inside-Out-Verfahren“ werden bei dieser Methode keine Strahlen mehr intern aus Sicht des zu berechnenden Punktes ausgeworfen, um den Grad der Verdeckung zu ermitteln, sondern neue außenliegende Lichtquellen geschaffen, die als Basis für die Kalkulation dienen. Diese Lichter verteilen sich dabei gleichmäßig auf den umliegenden Dome und umfassen folglich die gesamte Szene. Nun wird durch eine spezielle „OpenGL-Methode“ erfasst, welche Stellen von den Lichtquellen aus sichtbar und welche durch Objekten verdeckt sind. Je mehr Lichtquellen aufgeteilt sind, desto genauer wird das Resultat. Bei einer Neuposition von Objekten oder Kameras muss die Auswertung des „AO“ gänzlich neu berechnet werden. Mathematisch betrachtet geschieht auch hier eine Annäherung mittels Integration.⁶²

⁶¹ Vgl. Stefan Müller: Diplomarbeit (Ambient Occlusion zwischen sich frei bewegenden Starrkörpern mittels Coherent Shadow Maps); 2008; Seite 21-24/Kapitel 3.3.1: Inside-out Methode.

⁶² Vgl. ebda; Seite 24-28/Kapitel 3.3.2: Outside-in Methode.

Ambient Occlusion (Bsp.: Architektur)



Bild 49: Ohne AO



Bild 50: Mit AO (Schwarz)



Bild 51: Mit AO (Rot)

2.11.4 Schlussfolgerung

„Ambient Occlusion“ ist für die Erstellung von digitalen Visualisierungen durch die einfache und kurze Berechnung ein unverzichtbares Werkzeug und eine Alternative beziehungsweise Ergänzung zur rechenintensiven „Global Illumination“ geworden.

Für professionelle Renderergebnisse ersetzt es jedoch nicht die Stärken des „GI“, da es lediglich den Kontaktschatten zwischen Objekten kalkuliert. Eine indirekte Beleuchtung zwischen den Oberflächen bleibt außen vor und ist auch nicht der Sinn des „Ambient Occlusion“. Dennoch unterstützt es vor allem in Innenraumvisualisierungen die Wirkungsweise des „GI“ und führt zu realistischeren Resultaten, ohne komplexe Einstellungen tätigen zu müssen. Somit ist es ratsam mit „AO“ zu arbeiten, auch wenn die Berechnung an sich physikalisch wenig korrekt ist.

2.12 GLOBAL ILLUMINATION (GI)

2.12.1 Begriffserklärung

„Global Illumination“ ist in der Erstellung von fotorealistischen Visualisierungen ein wichtiger Parameter, da es über algorithmische Berechnungen indirektes Licht und dessen Ausbreitung im virtuellen Raum simuliert. Das Pendant dazu ist „Local Illumination“ beziehungsweise „Direct Illumination“, wobei, wie der Name schon sagt, nur direktes Licht und dessen erster Kontakt mit Oberflächen in einer Szene berechnet wird. Dies sind im Prinzip alle lokalen Beleuchtungen wie beispielsweise Punkt-, Spot-, Flächenlicht etc., die ausschließlich direkt angestrahlte Oberflächen sichtbar machen, während lichtabgewandte Bereiche schwarz dargestellt werden. Dieses vereinfachte lokale Beleuchtungsmodell bildet gleichwohl die Basis für „Global Illumination“. Im Gegensatz zu „Local Illumination“ wird bei „GI“ nach dem ersten Auftreffen der Lichtstrahlen auf eine Geometrie eine weitere diffuse Ausbreitung dieser Strahlen im Raum kalkuliert. Dies führt vor allem im Bereich der Oberflächen-, Licht- und Schattendarstellung zu realistischeren Ergebnissen, allerdings auch zu einer Verlängerung der Renderzeit.

Naturgemäß ist es so, dass nicht nur direkte Lichtquellen Szenen ausleuchten, sondern auch sämtliche Oberflächen, die bereits angekommenes Licht weiterreflektieren, gewissermaßen über „Indirekt Illumination“. Je nach Materialeigenschaft reflektiert jedes Objekt mehr oder weniger direktes Licht und gibt es als indirektes Licht weiter. Folglich wird auch dieses in abgeschwächter Form nochmals reflektiert. Dieser Prozess wiederholt sich theoretisch unendlich oft und ist gewissermaßen eine wechselseitige Interaktion zwischen Licht und Objekten.⁶³ Resultat dieses komplexen Phänomens ist eine physikalische korrekte Annäherung an die reale Beleuchtung von Innen- und Außenräumen, die mittlerweile auch die Renderprogramme durch unterschiedliche Algorithmen hervorragend simulieren können.

⁶³ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.111/Kapitel 4.7.3: Global Illumination.

Wie vorher erwähnt, wirkt sich „Global Illumination“ zudem positiv auf den Realismusgrad von Schattendarstellungen aus. Verschattungen wirken generell weicher und sind je nach Umgebung unterschiedlich gesättigt. Auch die Schattenfarbe passt sich der Umgebung wie beispielsweise dem Himmelslicht durch die internen Berechnungen des „GI“ an. Für ein professionelles Ergebnis ist es daher empfehlenswert mit „GI“ zu arbeiten. Alternativ dazu können zusätzliche Lichtquellen eine globale Beleuchtung imitieren, dazu gehört jedoch ein gewisses Knowhow und Erfahrung.

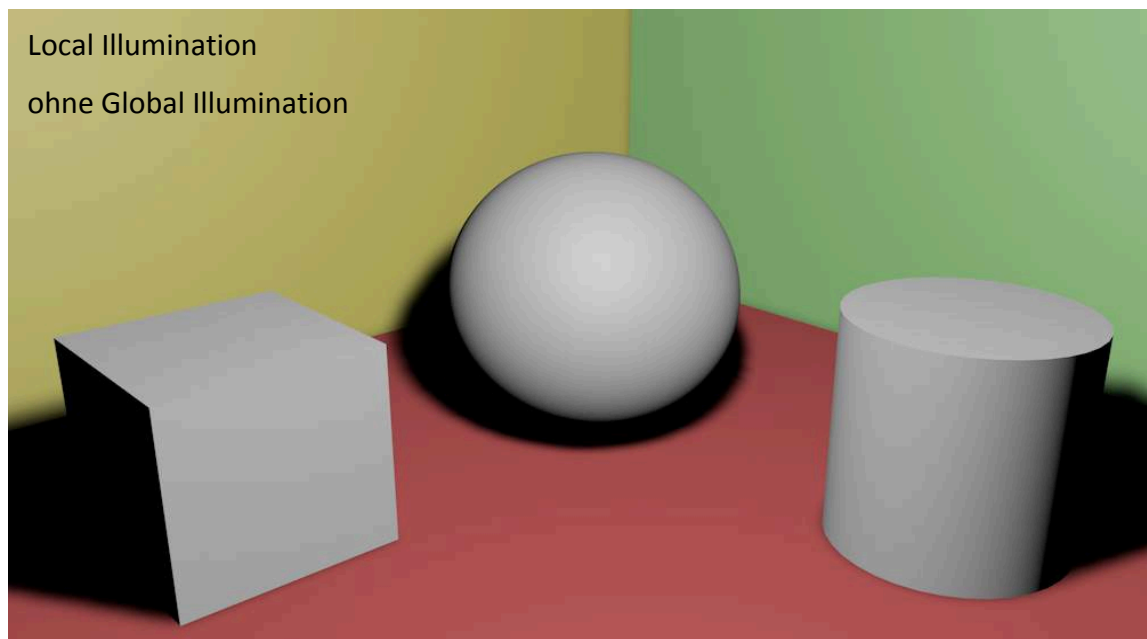


Bild 52: Render ohne GI

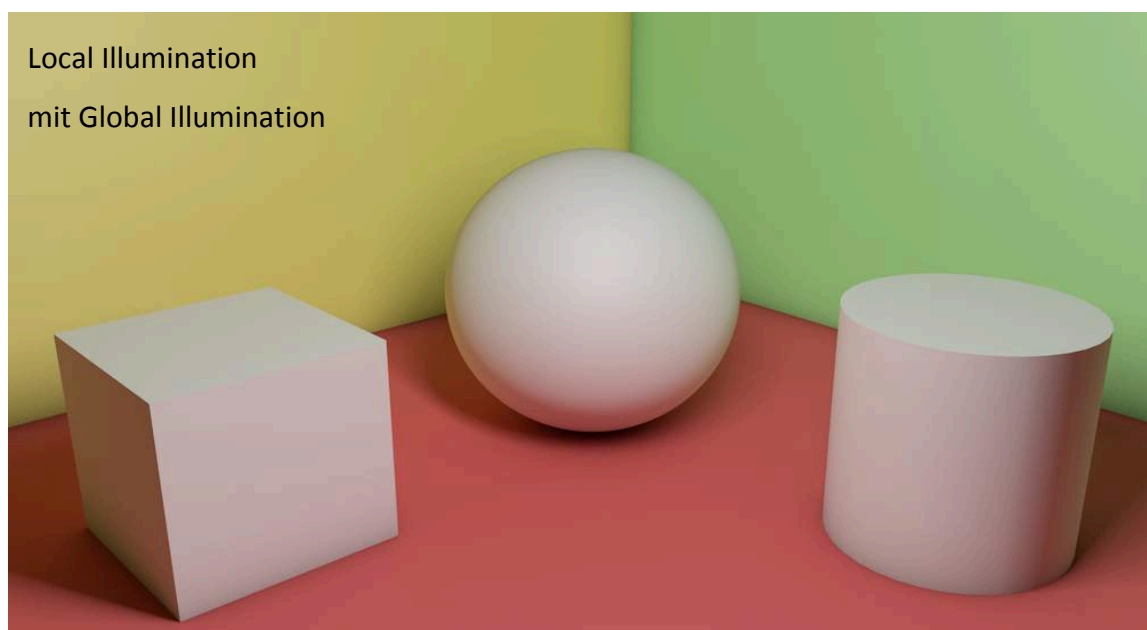


Bild 53: Render mit GI

2.12.2 Berechnungsmethoden

Generell können in den meisten Renderprogrammen zwei algorithmische „Global Illumination“-Berechnungsprozesse miteinander kombiniert werden. Dabei ist in der Regel zwischen primären und sekundären „Bounces“ zu unterscheiden.

Primary Bounces

Hier werden nur lokale Lichtstrahlen von direkten Lichtquellen wie Sonne, Lampen etc. und deren Auswirkung auf die Szene (Oberflächen, Verschattungen) kalkuliert. Dabei kann Licht absorbiert, gebrochen, reflektiert und gestreut werden.⁶⁴

Secondary Bounces

Folgend werden die lokalen Lichtstrahlen nach dem ersten Auftreffen auf eine Oberfläche weiter in Form von sekundären „Bounces“ weiterreflektiert. Dies führt in der gesamten Szene für eine diffuse Ausleuchtung.⁶⁵

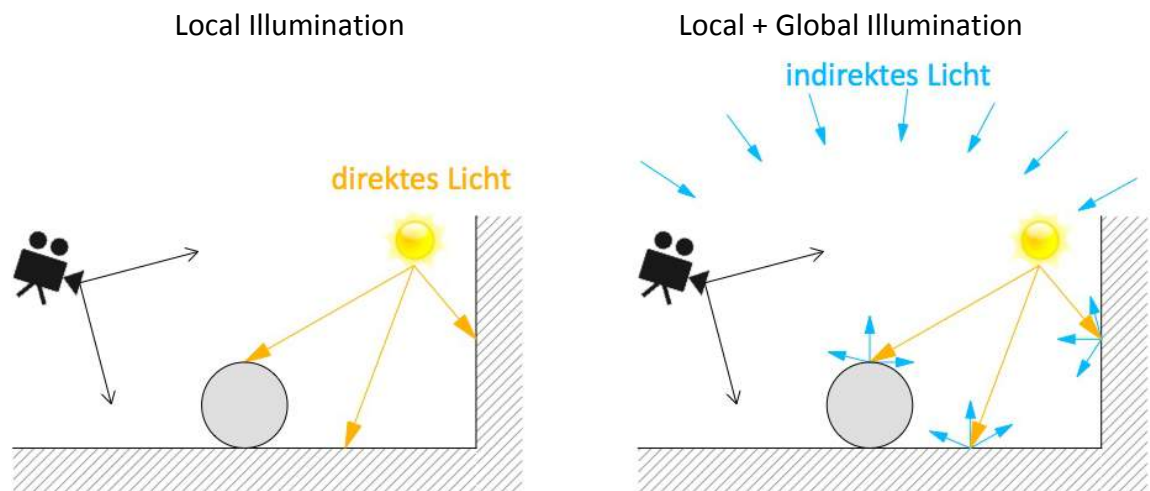


Bild 54: Local & Global Illumination

⁶⁴ Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.13/Kapitel 1.3.2: Indirect Illumination.

⁶⁵ Vgl. ebda.

Folgend wird eine Auswahl an Berechnungsmethoden (V-Ray) genauer erläutert.

Brute Force

„Brute Force“ ist die mathematisch linearste Annäherung für „Global Illumination“. Dabei wird jeder Punkt in der Szene separat betrachtet und unabhängig von anderen Punkten berechnet.

Vorteile

- Optimal für Szenen mit vielen kleinen geometrischen Details
- Genaue Schattendarstellung
- „GI“ wird auch bei „Motion Blurring“ realistisch dargestellt
- Kein zusätzlicher Speicher für die Berechnung notwendig
- Kaum Flackern bei Animationen

Nachteile

- Lange Rechenzeit vor allem bei detaillierten Innenraumszenen
- Anfällig für „Noise“, was nur durch eine höhere Dichte an ausgesendeten Lichtstrahlen vermieden werden kann. Dies führt wiederum zu einer noch längeren Renderzeit.⁶⁶

Irradiance Map

Die Berechnungsgenauigkeit von „Irradiance Map“ ist von der Komplexität der Geometrie abhängig. Anders als bei „Brute Force“ werden nur relevante Stellen in der Szene herausgefiltert und berechnet, während sekundäre Bereiche interpoliert werden.

⁶⁶ Vgl. Chaos Software Ltd: Render Settings-Indirect Illumination-Brute Force; 14.10.2016; Zugriff unter: <https://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3MAX/Indirect+Illumination>.

&

Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.13-14/Kapitel 1.3.2: Indirect Illumination/1. Brute Force.

Vorteile

- Optimal für flache, großformatige Außenszenen mit wenigen geometrischen Details
- Kaum Rauschen („Noise“)
- Ergebnisse des „Irradiance Map“ können gespeichert und für weitere Renderings recycelt werden. Dies ist optimal für Animationen, um die Rechenzeit zu minimieren.
- Generell relativ kurze Renderzeit.

Nachteile

- In komplexen Szenen können manche Details (Schatten) durch die Interpolation unsauber und unscharf wirken.
- Bei Animationen kann es bei niedrigen Einstellungen zu einem Flimmern kommen.
- Qualität ist szenenabhängig
- Bei „Motion Blurring“ kann es zu einem Rauschen kommen.
- „Irradiance Map“ benötigt für die Berechnung zusätzlichen Speicher.⁶⁷

Photon Map

Diese Annäherung basiert auf die Rückverfolgung von Partikeln, die von allen vorhandenen Lichtquellen ausgehen und in sich in der Szene frei ausbreiten und reflektieren bis die Energie zugrunde geht. Für dieses Verfahren werden nur direktes Licht berücksichtigt.

Vorteile

- Optimal für Innenraumszenen mit vielen Lichtquellen

⁶⁷ Vgl. Chaos Software Ltd: Render Settings-Indirect Illumination-Irradiance Map; 14.10.2016; Zugriff unter: <https://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3MAX/Indirect+Illumination>.

&

Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.14/Kapitel 1.3.2: Indirect Illumination/2. Irradiance Map.

- „Photon Map“ produziert äußerst schnell eine grobe Annäherung der „Global Illumination“ in einer Szene.
- Ergebnisse der „Photon Map“ können gespeichert und für weitere Renderings recycelt werden. Dies ist optimal für Animationen, um die Rechenzeit noch weiter zu minimieren. (Materialien dürfen dabei nicht geändert werden)
- „Photon Map“ ist perspektivenunabhängig.

Nachteile

- „Photon Map“ ist als primäre Berechnungsmethode für „Global Illumination“ ungeeignet.
- Ungenaue Ergebnisse bei „Motion Blurring“- Szenen.
- „Photon Map“ benötigt echtes Licht für die Berechnung. Umgebungslichter wie beispielsweise von einem Himmelsobjekt können nicht kalkuliert werden.
- „Photon Map“ benötigt für die Berechnung zusätzlichen Speicher.⁶⁸

Light Cache

„Light Cache“ ähnelt vom theoretischen Berechnungsverfahren her dem „Photon Map“, allerdings mit weniger Einschränkungen. Die Partikel werden von der Kamera aus in den Raum transportiert. In dieser Methode werden kreuzende Lichtstrahlen dreidimensional erfasst und an die Umgebung weitergeleitet.

Vorteile

- Konträr zu „Photon Map“ muss nicht jede Lichtquelle einzeln berechnet werden, sondern nur die, die von der Kamera erfasst werden.
- „Light Cache“ bietet bei jeder Art von Lichtquelle (Himmelslicht, künstliches Licht etc.) eine realistische und effiziente Annäherung an globaler Ausleuchtung.

⁶⁸ Vgl. Chaos Software Ltd: Render Settings-Indirect Illumination-Photon Map; 14.10.2016; Zugriff unter: <https://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3MAX/Indirect+Illumination>.

&

Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.15-16/Kapitel 1.3.2: Indirect Illumination/2. Photon Map.

- Kleine Details wie Ecken und Spalten werden realitätsgetreu dargestellt (Schatten).
- „Light Cache“ kann als primäre Berechnungsmethode vor allem für rasche Testrenderings herangezogen werden.
- Gute Lösung für „Global Illumination“ in Animationen.
- Trotz der vielen Vorteile gegenüber dem „Photon Mapping“ beinahe gleich schnell in der Renderzeit

Nachteile

- „Light Cache“ ist positionsabhängig und wird bei jeder neuen Kameraansicht erneut berechnet.
- „Light Cache“ hat Schwierigkeiten bei der korrekten Darstellung von „Bump Maps“. „Brute Force“ und „Irradiance Map“ sind dafür besser geeignet.
- Generell funktioniert „Light Cache“ nur mit V-Ray Materialien.⁶⁹

⁶⁹ Vgl. Chaos Software Ltd: Render Settings-Indirect Illumination-Light Cache; 14.10.2016; Zugriff unter: <https://docs.chaosgroup.com/display/VRAY3MAX/Indirect+Illumination>.

&
Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.15-16/Kapitel 1.3.2: Indirect Illumination/2. Light Cache.

2.12.3 Schlussfolgerung

Die Einstellungsmöglichkeiten für „Global Illumination“ sind sehr komplex und erfordern je nach Szene unterschiedliche Kombinationen der Berechnungsmethoden. Ein gewisses theoretisches Verständnis zu den einzelnen Verfahren ist von Vorteil und erleichtert den Umgang mit globaler Beleuchtung. Bei optimierten Einstellungen können gleichwohl Qualität und Renderzeit verbessert werden.

Folgend werden ein paar etablierte Kombinationen von Berechnungsvarianten dargestellt. Speziell bei Innenraumszenen führt das Zusammenspiel von „Brute Force“ (primär) und „Light Cache“ (sekundär) zu dem wohl qualitativ hochwertigsten Ergebnis, da auch kleinste Details sauber dargestellt werden und ist somit eine gute Wahl für finale Visualisierungen.

Für Testrenderings, wo die Renderzeit nicht zu lange ausfallen sollte, liefert die Kombination aus „Irradiance Map“ (primär) und „Light Cache“ (sekundär) eine gute Wahl. Kleine Details werden dabei noch sauber wiedergegeben, trotz schneller Kalkulation.

Auch für Renderings im Außenbereich liefert diese Zusammensetzungen in der Regel gute Ergebnisse. Allerdings ist bei vielen kleinen Polygonen, wie sie zwangsläufig bei Bäumen, Sträuchern etc. vorkommen, mit einer enormen Verzögerung der Render-Geschwindigkeit zu rechnen.⁷⁰

⁷⁰ Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.16/Kapitel 1.3.2: Indirect Illumination/Innenraum-Außenraumszene.

2.13 MULTIPASS

2.13.1 Begriffserklärung

„Multipass“ ist ein optional nutzbares Tool, das für die Erstellung einer professionellen Visualisierung zwar nicht zwingend notwendig ist, allerdings für spätere Nachbearbeitungen viel Zeit ersparen kann und einfacher Korrekturen nach dem Rendern zulässt. Erfahrungsgemäß arbeiten nur wenige Nutzer mit diesem Werkzeug, da die Funktionen und die daraus resultierenden Vorteile meist nicht bekannt sind. „Multipass“ ermöglicht es, unterschiedliche „Kanäle“ zu erzeugen, die nach dem eigentlichen Renderprozess für weitere Nachbearbeitungen optional ein- und ausgeschaltet werden können. Folglich rendert man keine gewöhnliche Bilddatei, sondern eine „Multi-Ebenen-Datei“, meist im TIFF-Format. Die in den „Multipass“-Einstellungen zuvor ausgewählten Ebenen können nach dem Renderprozess gesondert angepasst und bearbeitet werden.

Primär zu unterscheiden sind „Ebenen“ und „Passes“. Ersteres gibt an, auf welchem Layer ein Objekt gerendert wird, während der „Pass“ die Oberflächeneigenschaften beschreibt wie etwa Farben, Schatten, Kaustiken, Reflexionen, Refraktionen etc.⁷¹ Der Nutzer kann selbstständig entscheiden, welche Layer bzw. Kanäle er erstellen möchte. Darauf zu achten ist allerdings, dass, je mehr Kanäle aktiviert werden, desto größer auch das Dateiformat sein wird, da die Bilder zusätzliche Information mitspeichern müssen. Bildbearbeitungsprogramme wie „Adobe Photoshop“ erkennen beim Import diese Kanäle und adaptieren sie als interne Layer.

⁷¹ Vgl. Matthias Jochim (Mannheim-Design): C4D Multi Pass Rendering; 2013; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://mannheim-design.de/cinema-4d-multi-pass-und-rendering/>.

2.13.2 Funktionsweise

Stück für Stück werden in den diversen Renderengines die sogenannten „Passes“ abgearbeitet und intern zu einem finalen Bild, dem „Beauty-Pass“ zusammengefasst.⁷² Diese „Passes“ können nachträglich in den Programmeinstellungen wieder voneinander getrennt werden. Sinnvoll ist es, einen eigenen Zielordner für die „Multiebenen“ anzulegen, um einen besseren Überblick über die einzelnen „Passes“ zu erhalten.

2.13.3 Multipass-Kanäle

Je nach Software werden unterschiedliche Kanäle angeboten.

Die wichtigsten Kanäle (Quelle Cinema 4D):

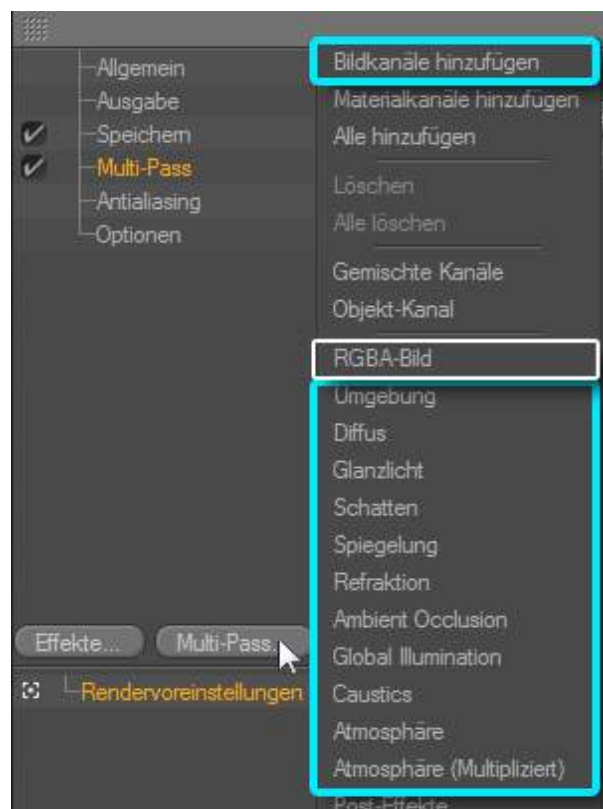


Bild 55: Kanäle Multipass (C4D)

- Objekt Kanal
- RGBA-Bild
- Umgebung
- Diffuse
- Glanzlicht
- Schatten
- Spiegelung
- Refraktion
- Ambient Occlusion
- Global Illumination
- Caustic
- Atmosphäre
- Post-Effekt
- Material (Farbe, Diffusion, Leuchten, Transparenz, Spiegelung, Glanzlicht, Normale, UVW)
- Illumination
- Tiefe

⁷² Vgl. ebda.

2.13.4 Kanäle – Beispiele

Ausgangsbild

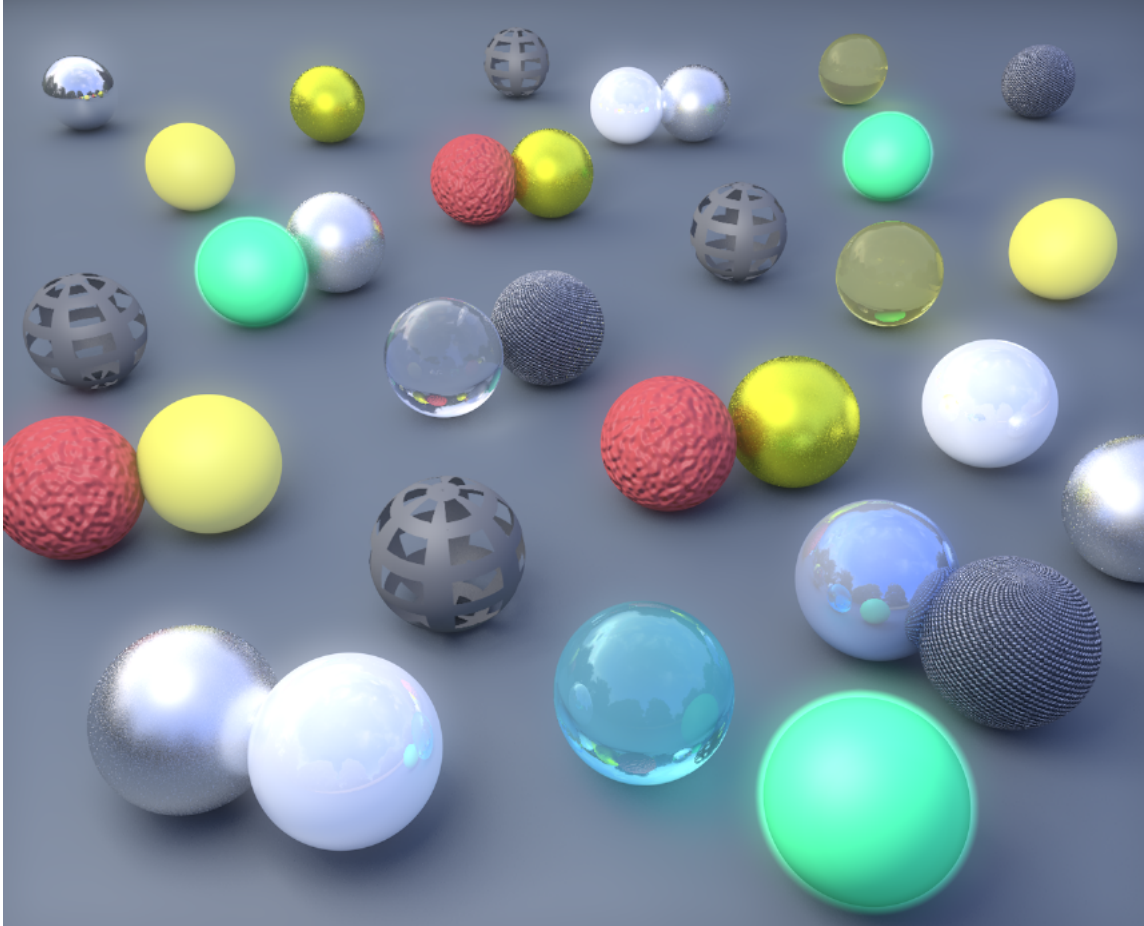


Bild 56: Multipass-Gesamtbild

Schatten

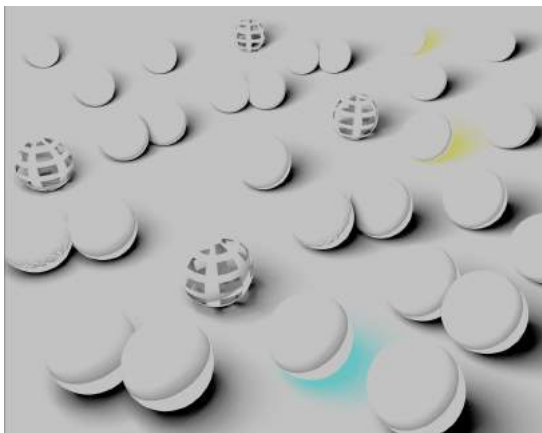


Bild 57: Multipass-Schatten

Ambient Occlusion

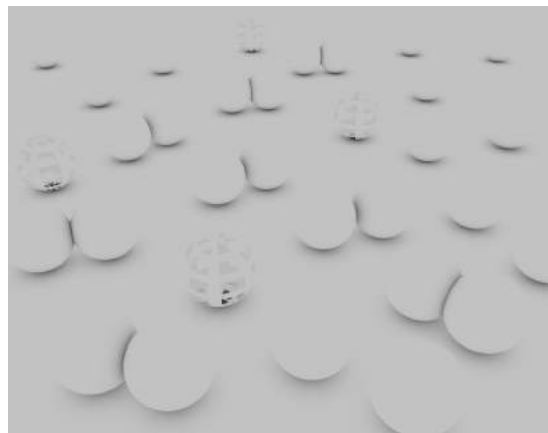


Bild 58: Multipass-Ambient Occlusion

Global Illumination

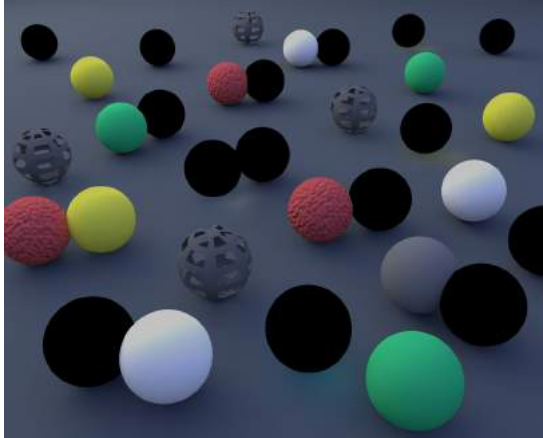


Bild 59: Multipass-GI

Material-Farbe

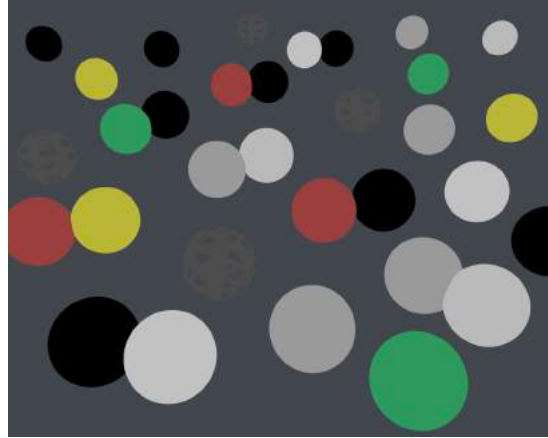


Bild 60: Multipass-Farbe

Reflexion

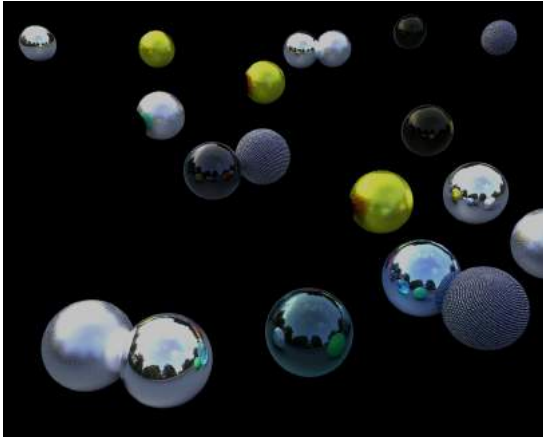


Bild 61: Multipass-Reflexion

Glanz

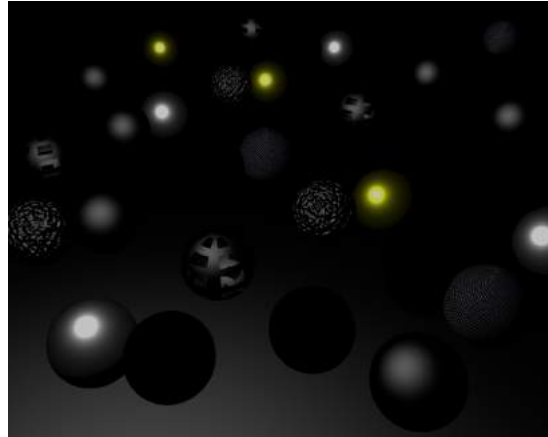


Bild 62: Multipass-Glanz

Transparenz

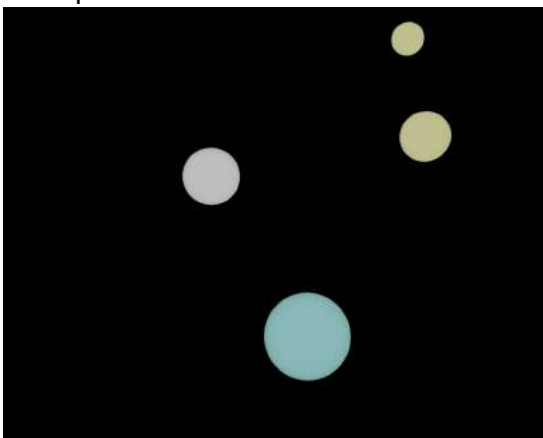


Bild 63: Multipass-Transparenz

Leuchten

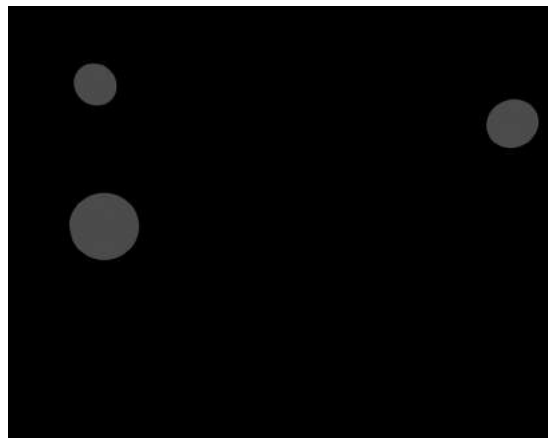


Bild 64: Multipass-Leuchten

3 KAMERA

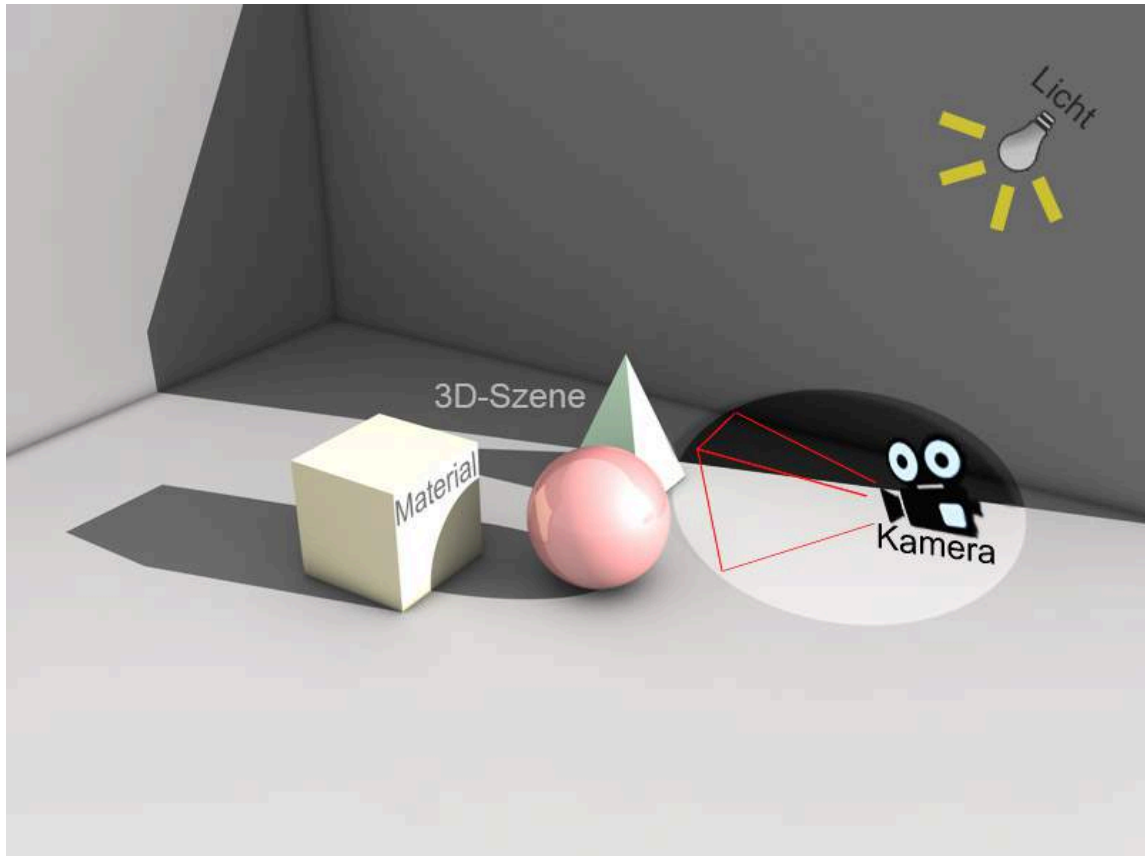


Bild 65: Übersicht Kamera

3.1 ALLGEMEIN

Die Funktionsweise der digitalen, physikalischen Kameras in den Renderprogrammen ist der, der analogen Kameras nachempfunden. Um eine professionelle Visualisierung zu generieren, bedarf es deshalb eines gewissen theoretischen Grundverständnisses im Umgang mit der Fotografie.

Die Einstellungsmöglichkeiten betreffend „ISO-Wert“, „F-Stop“ und „Shutter-Speed“ sind die drei wichtigsten Faktoren im technischen Bereich der Fotografie und beeinflussen vor allem die auf den Film (Chip) treffende Lichtmenge. Durch die

gekonnte Zusammensetzung dieser drei Größen kann die Belichtung und somit die finale Darstellung je nach Vorgabe systematisch gesteuert werden. Vor allem bei Architekturvisualisierungen wird immer häufiger eine Überbelichtung der Szene angestrebt.

3.2 ISO-WERT

In der Fotografie steht der „ISO“-Wert für die Empfindlichkeit des Filmes. Je höher dieser Wert eingestellt ist, desto sensibler reagiert der Bildsensor auf Licht. Eine Verdoppelung beziehungsweise Halbierung des Wertes bezeichnet man als einen „Stop“. Hochwertige Kameras bieten bereits eine ISO-Zahl von 50 bis über 30.000.



Bild 66: ISO-Anwendungsbereiche

Bei Szenen die generell gut beleuchtet sind, wie etwa Außenaufnahmen mit viel Sonnenschein, reicht ein niedriger „ISO“-Wert von etwa 100-200, da ohnehin schon genügend Belichtung vorhanden ist. Dunklere Bereiche, wie zum Beispiel Abend- oder Innenaufnahmen mit wenig Beleuchtung, verlangen nach einer Erhöhung der Filmempfindlichkeit, sprich einem „ISO“-Wert in der Größenordnung von 400-800.

Bei enorm dunklen Szenen kann der „ISO“-Wert noch weit größer ausfallen.⁷³ Je sensibler der Sensor also ist, desto weniger Licht muss vorhanden sein, um ein gut belichtetes Bild zu generieren. Angemessen belichtete Situationen benötigen nur kleine „ISO“-Werte.

Bei realen, nicht virtuellen Kameras ist Sorgfalt bei zu hohen „ISO“-Werten geboten, denn je höher die Empfindlichkeit, desto größer ist der Effekt des Rauschens, auch

⁷³ Vgl. Alex Pratzner: Foto-Kurs: ISO-Empfindlichkeit; 2011; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://www.foto-kurs.com/iso-empfindlichkeit.htm>.

„Noise“ genannt. Das Foto wird dadurch kontrastärmer und wirkt unscharf. Dieses Rauschverhalten, ist ebenfalls abhängig von der Qualität der Kamera und der Größe des Bildsensors. Wenn es die Szene und vor allem die vorhandene Belichtung zulässt, sollte prinzipiell mit kleinen „ISO“-Werten gearbeitet werden. Alternativ kann die Helligkeit des Bildes durch den „F-Stop“ und den „Shutter Speed“ reguliert werden.

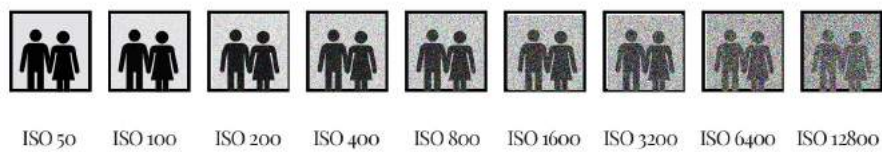


Bild 67: ISO-Rauschen

3.2.1 Beispiele – ISO (V-Ray)

ISO 50

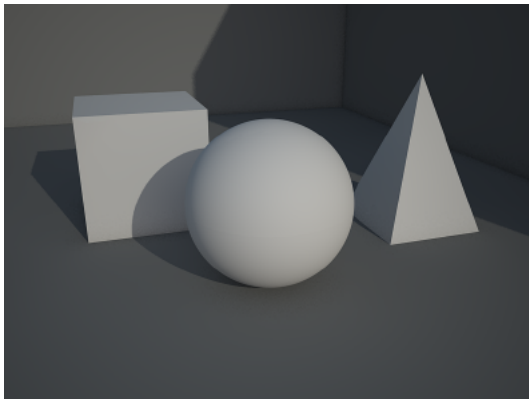


Bild 68: ISO 50, F-Stop 8, SS 200

ISO 100

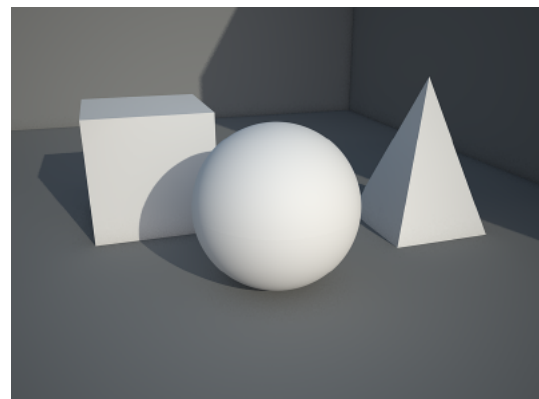


Bild 69: ISO 100, F-Stop 8; SS 200

ISO 200

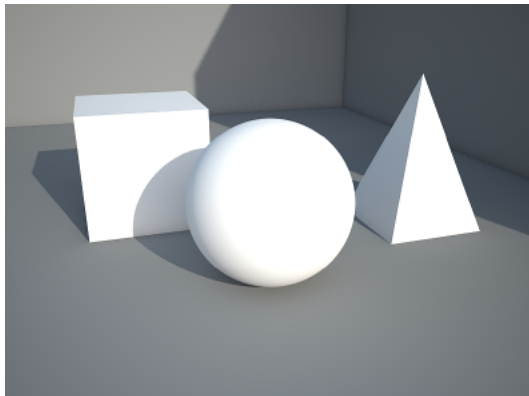


Bild 70: ISO 200, F-Stop 8, SS 200

ISO 400

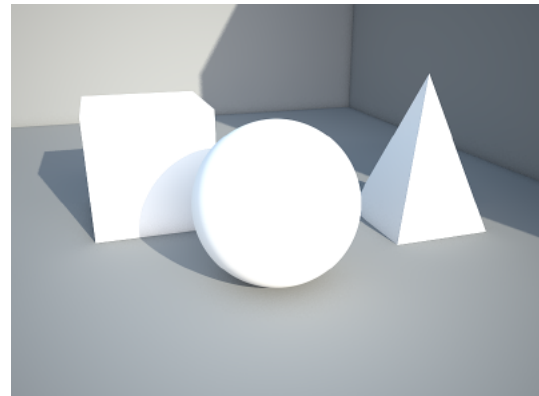


Bild 71: ISO 400, F-Stop 8, SS 200

3.3 F-STOP (BLENDEÖFFNUNG)

Der „F-Stop“ gibt an, wie weit die Blende geöffnet ist. Ein hoher Wert bedeutet eine kleine Blendenöffnung und eine niedrige „F-Stop“-Zahl einen weiten Lichtdurchlass. Im Zusammenspiel mit dem „ISO“-Wert steuert die Blendenöffnung die Menge an Licht, welche auf den Sensor gelangt. Mehr Licht erreicht den Sensor bei einer weit geöffneten Blende, was zu einem generell stärker belichteten Resultat führt. Wie auch schon im vorherigen Kapitel erläutert, ist die Helligkeit auch von den Parametern Filmempfindlichkeit („ISO“) und Belichtungszeit („Shutter Speed“) abhängig.

Die Sprünge der „F-Stop“-Werte von 1,4 – 2 – 2,8 – 4 – 5,6 – 8 – 11 – 16 – etc. halbieren jeweils den Flächeninhalt des auf den Film treffenden Lichtes und werden als „Stop“ bezeichnet.

Der Effekt der „Schärfentiefe“ oder auch „Depth of Field“ ist abhängig vom „F-Stop“. Je höher der Wert (schmale Blendenöffnung), desto schärfer ist das gesamte Bild. Bei einer kleinen „F-Stop“-Zahl ist meist der nicht fokussierte Bereich (Vorder- und Hintergrund) unscharf.⁷⁴ Dieser Effekt kann vor allem in der Architekturvisualisierung für attraktive Illustrationen sorgen, wobei zu betonen ist, dass sich bei zu großen Abständen von Kamera zum fokussierten Objekt kaum mehr eine Unschärfe im Hintergrund einstellt.

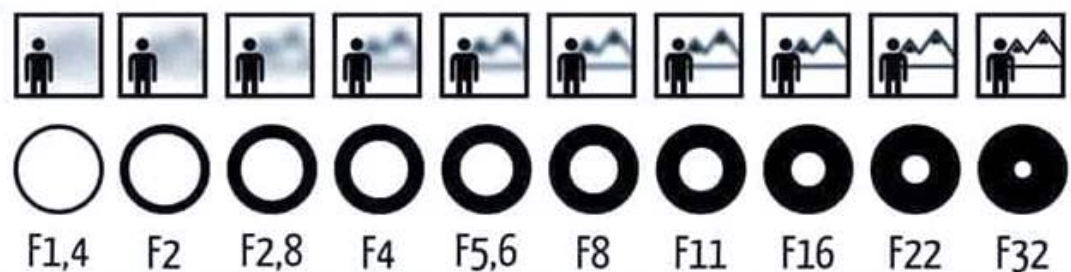


Bild 72: F-Stop Schärfentiefe

⁷⁴ Vgl. Alex Pratzner: Foto-Kurs: Die Blende (aperture: „Öffnung“); 2011; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://www.foto-kurs.com/kamera-blende.php>.

3.3.1 Beispiele – F-Stop (V-Ray)

F-Stop: 4

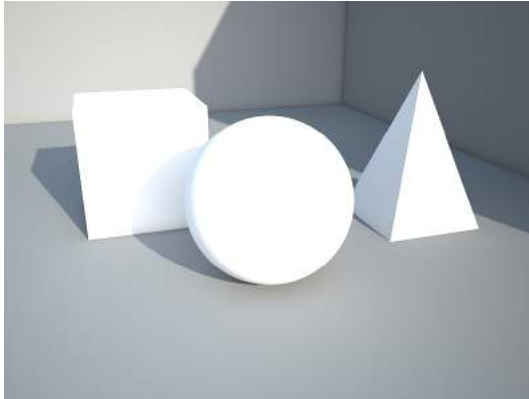


Bild 73: ISO 100, F-Stop 4, SS 200

F-Stop: 6

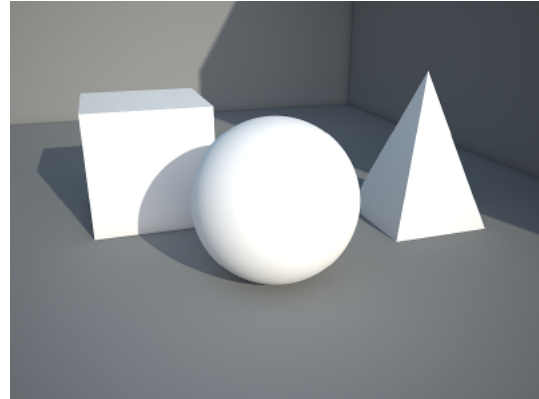


Bild 74: ISO 100, F-Stop 6, SS 200

F-Stop: 8

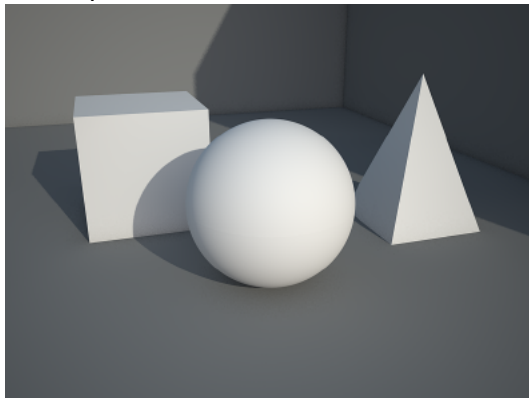


Bild 75: ISO 100, F-Stop 8, SS 200

F-Stop: 12

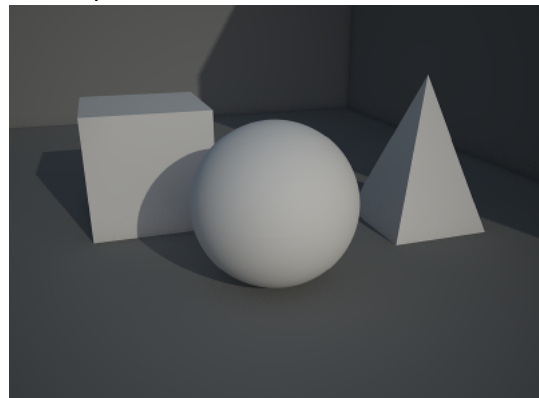


Bild 76: ISO 100, F-Stop 12, SS 200

3.4 SHUTTER SPEED (BELICHTUNGSZEIT)

Der dritte wesentliche Faktor in der Fotografie ist der „Shutter Speed“. Da er die Dauer der Belichtung auf den Sensor angibt, wird er umgangssprachlich auch als Belichtungszeit bezeichnet. Je länger die Belichtungsdauer ist, desto heller wird das Bild. Aus hohen Werten resultieren bei beweglichen Fotoobjekten unscharfe Ergebnisse („Motion Blur“). Oft wird die Belichtungszeit gezielt lang angesetzt, um besondere Naturphänomene besser einzufangen, wie etwa das Farbenspektrum von Polarlichtern. Zusätzlich kann der Effekt des „Blurrings“ (Bewegungsunschärfe) gezielt

erzeugt werden, um beispielsweise bei Stadtaufnahmen die Dynamik und Lebhaftigkeit der Menschen und des Verkehrs einzufangen. In der computergenerierten Visualisierung kann der Effekt des „Motion Blurrings“ auch nachträglich in Bildbearbeitungsprogrammen hinzugefügt werden.

Für ein scharfes Resultat sollte die Belichtungszeit kurz sein. Voraussetzung dafür ist wieder eine ausreichende Belichtung der Szene, da das Bild ansonsten zu dunkel werden könnte.⁷⁵

Für Architekturrenderings spielt der „Shutter Speed“ meist eine untergeordnete Rolle, da hierbei überwiegend starre Szenen erstellt werden, die auch bei längerer Belichtungszeit kein „Blurring“ erzeugen. Dieser Effekt wird meist nachträglich in Fotobearbeitungsprogrammen hinzugefügt. Allerdings ist der „Shutter Speed“ neben „ISO“ und „F-Stop“ für die optimale Belichtung einer Szene von großer Bedeutung. Mehr Einfluss hat die Belichtungszeit bei Animationen, da es sich hierbei um eine Abfolge von Bildern handelt.

Belichtungszeit (*Kurz bis Lang*)

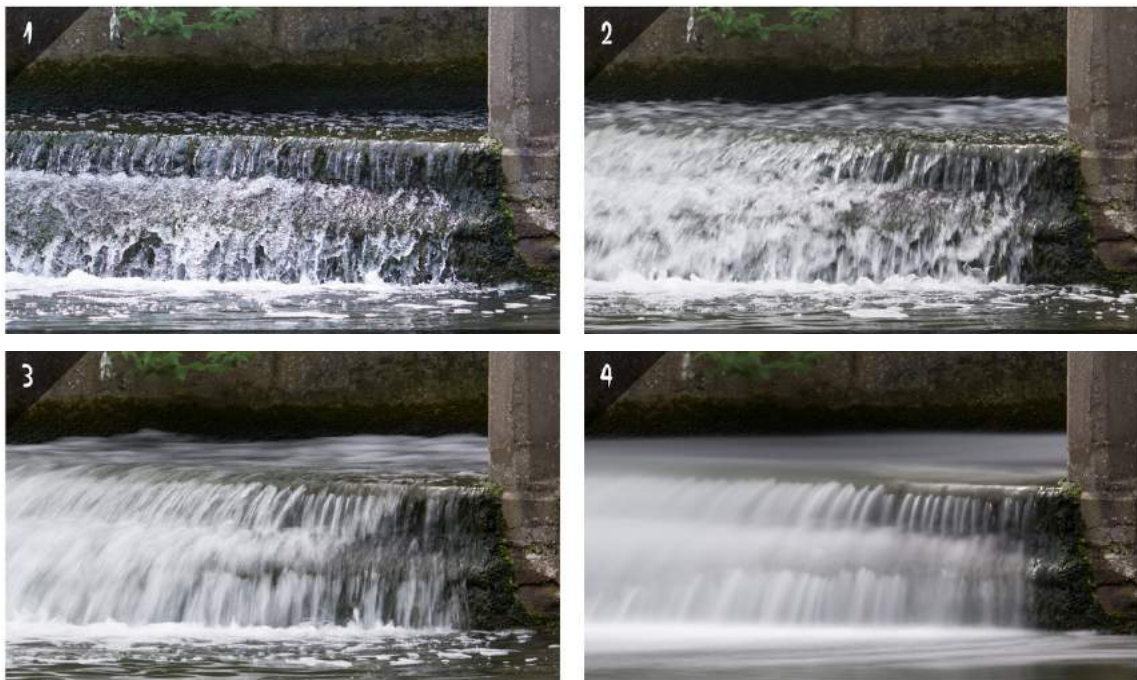


Bild 77: Shutter-Speed (Bsp. Wasser)

⁷⁵ Vgl. Alex Pratzner: Foto-Kurs: Belichtungszeit; 2011; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://www.foto-kurs.com/belichtungszeit.htm>.

3.4.1 Beispiele – Shutter Speed (V-Ray)

Shutter Speed: 1/60

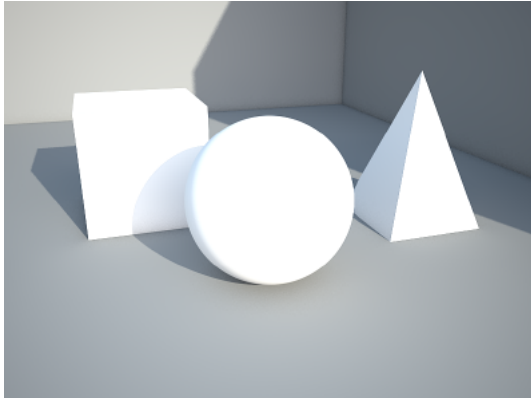


Bild 78: ISO 100, F-Stop 8, SS 60

Shutter Speed: 1/125

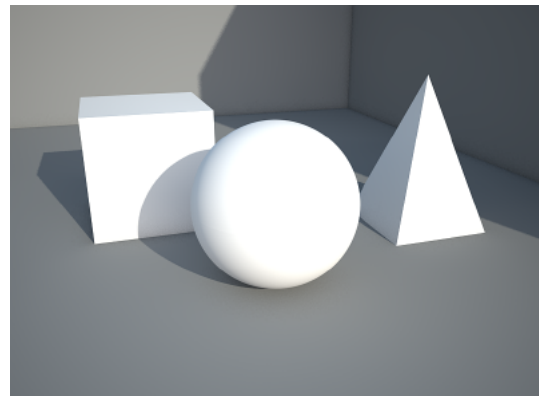


Bild 79: ISO 100, F-Stop 8; SS 125

Shutter Speed: 1/250

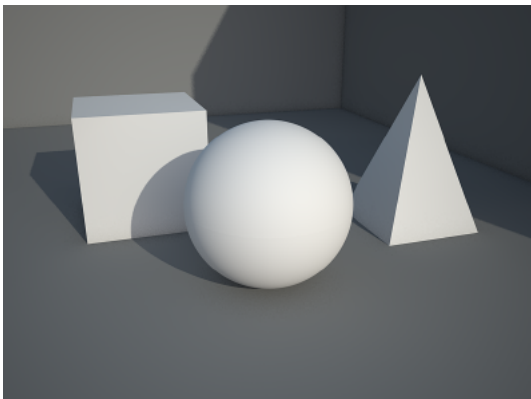


Bild 80: ISO 100, F-Stop 8, SS 250

Shutter Speed: 1/500

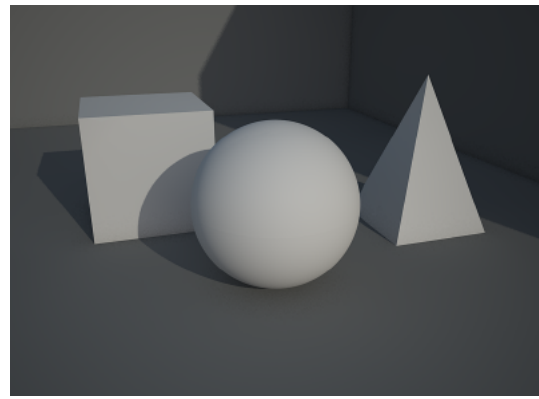


Bild 81: ISO 100, F-Stop 8, SS 500

3.5 GRAFISCHE ZUSAMMENFASSUNG (ISO, F-STOP, SHUTTER SPEED)

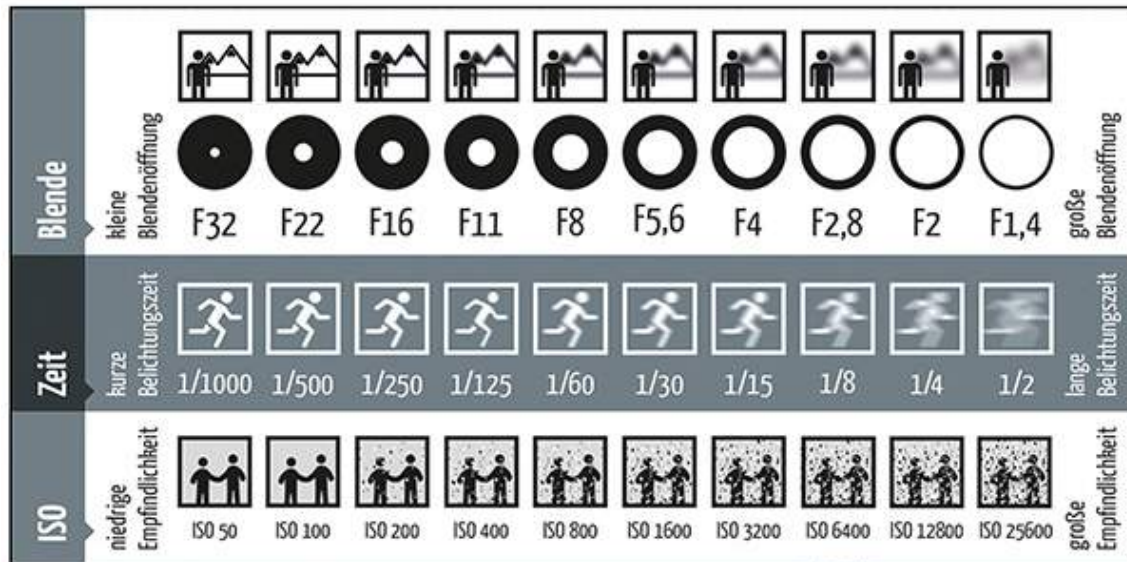


Bild 82: ISO, F-Stop, Shutter Speed

3.6 KAMERAOBJEKT

Eine der wichtigsten Werkzeuge für die Erstellung einer Visualisierung ist das Kameraobjekt. Die Funktionsweise ist bei den meisten Softwareprogrammen diesbezüglich ähnlich. Das Objekt kann beliebig oft im virtuellen Raum positioniert werden. Durch Bewegung der Kamera im Raum können Animationen erstellt werden. Anders als beim herkömmlichen 3D-Fenster können Kameraobjekte und die daraus resultierende Perspektiven auf die Szene fixiert und somit gesichert werden. In „Cinema 4D“ und vielen anderen Renderprogrammen werden Kameras mit Zielfunktion angeboten, was eine automatische Ausrichtung auf ein bestimmtes Objekt ermöglicht.

3.6.1 Kameratypen

Standard (Perspektive)

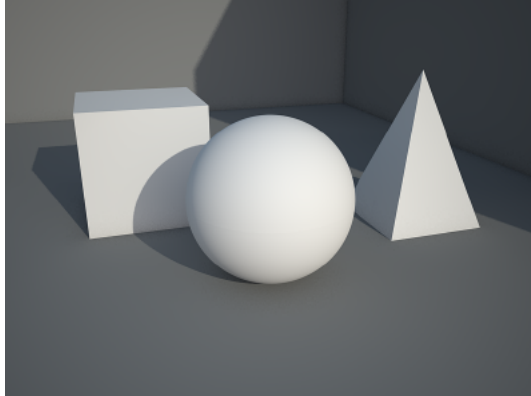


Bild 83: Typ_Standard

Orthogonal (Axonometrie)

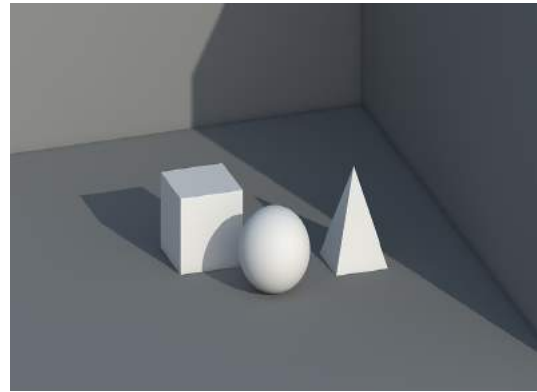


Bild 84: Typ_Orthogonal

3.7 PERSPEKTIVE

Die Betrachtungswahl auf ein Objekt ist ein wesentlicher Faktor für die Wirkung von Raum und Atmosphäre. Die Vorzüge eines Architekturprojektes können nur durch optimale Positionierung und Einstellung der Kamera sichtbar gemacht werden. Der Beobachter kennt das Projekt meist nicht so intensiv wie der Ersteller und urteilt daher aufgrund von wenigen Illustrationen, ob ihm etwas gefällt oder nicht.

Die Perspektive wird vor allem durch den Betrachtungswinkel, dem Abstand der Kamera zur Szene und der Brennweite definiert.⁷⁶

Durch die Änderung des Betrachtungswinkels der physikalischen Kamera kann jede Perspektive eingenommen werden. Zu unterscheiden sind drei Raumachsen: „X,Y und Z-Achse“.⁷⁷ (In C4D sind die Y- und Z-Achse vertauscht)

⁷⁶ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.93/Kapitel 4.4 Kamera.

⁷⁷ Vgl. ebda; Kapitel: 4.4.2 Betrachtungswinkel.

Die X-Achse bildet in den meisten Renderprogrammen die horizontale Achse. Die Kamera kann um diese Achse gedreht und der Blick somit auf- oder abwärts gerichtet werden. In Verknüpfung mit einem niedrigen beziehungsweise hohen Kamerastandpunkt kann bei der richtigen Perspektive ein Eindruck vermittelt werden, dass ein Gebäude hoch beziehungsweise niedrig ist. Zu beachten sind dabei die perspektivischen Verzerrungen der vertikalen Gebäudekanten. Diese können je nach Absicht fluchtend oder parallel dargestellt werden.⁷⁸ Fluchtende Gebäudekanten sind zwar realistisch und lassen ein Projekt meist sehr impulsiv wirken, stehen allerdings den parallelen Kanten etwas nach, da diese nüchterner wirken und ein besseres Geometrieverständnis vermitteln. Wird die Kameraposition nicht um die X-Achse gedreht, ist also parallel zum Boden, ergibt sich eine Perspektive ohne verzerrte vertikale Kanten.

Die Drehung der Kamera um die Y-Achse (vertikale Achse) erlaubt eine horizontale Blickwinkeländerung nach links oder rechts. Diese Kameradrehung hat keine direkte Auswirkung auf vertikale Kanten.

Eine Drehung der Kamera um die Z-Achse führt zu einer Verdrehung des Horizonts. Ursprünglich horizontale Kanten und Linien werden schräg dargestellt, was den menschlichen Sehgewohnheiten widerspricht und daher vermieden werden sollte.⁷⁹

⁷⁸ Vgl. ebda.

⁷⁹ Vgl. ebda.

3.7.1 Verzerrung – Beispiele

Keine vertikale Verzerrung
(fluchtende vertikale Linien)

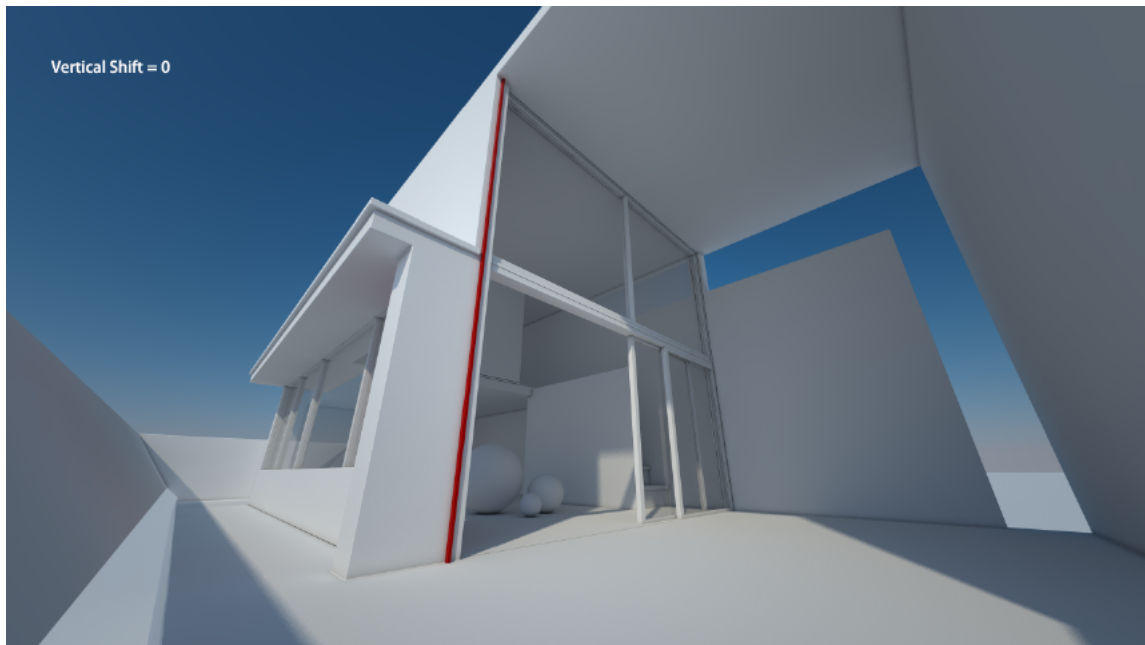


Bild 85: Vertical Shift 0

Vertikale Verzerrung
(parallele vertikale Linien)

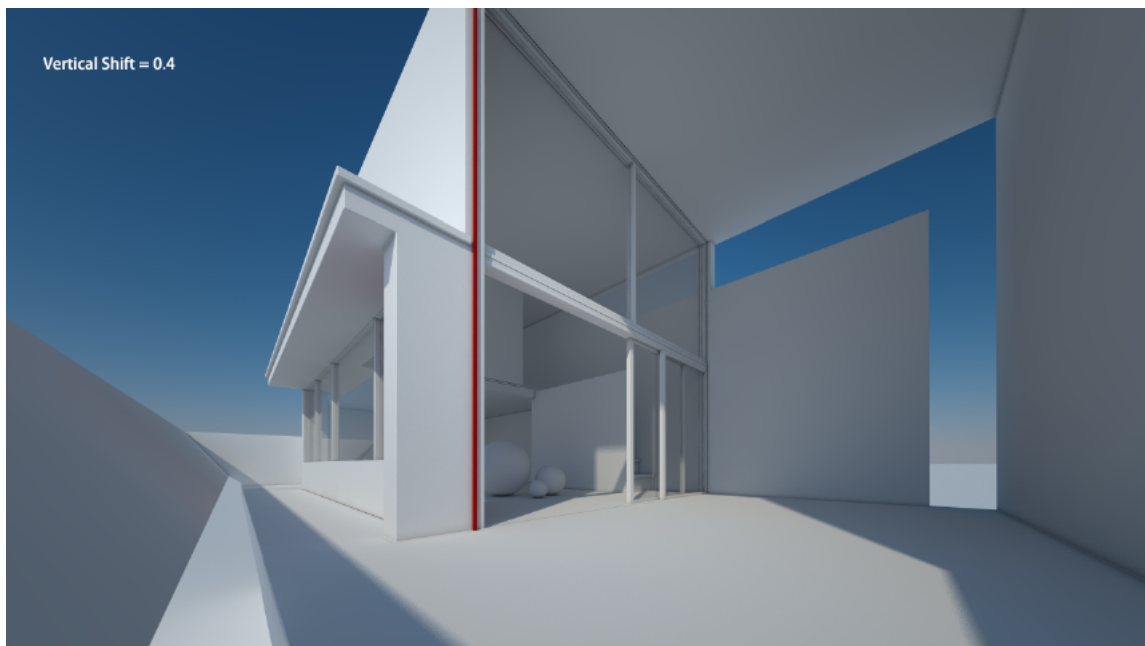


Bild 86: Vertical Shift 0,4

3.8 FIELD OF VIEW/BRENNWEITE

Die Größe des Bildausschnittes wird primär bestimmt durch die Distanz der Kamera zum Objekt und der Brennweite. Der „Field of View“ wird in Grad (°) angegeben.

Distanz

Je weiter der Abstand der Kameraposition zum eigentlichen Objekt ist, desto größer wird der Bildausschnitt. Eine geringe Distanz fängt folglich weniger von der Szene ein, lässt allerdings mehr Details erahnen und die Abstände zwischen den Objekten größer wirken. Um eine möglichst naturgetreue Perspektive zu erhalten, ist es ratsam, die Kamera an eine Stelle im Raum zu positionieren, die auch ein realer Betrachter einnehmen würde.⁸⁰

Brennweite

Ist der Kamerastandpunkt und somit der Abstand zu den Objekten gefestigt, kann der Bildausschnitt mithilfe der Brennweite alternativ angepasst werden. Perspektivisch kommt es zu keinen Änderungen, lediglich der Ausschnitt kann vergrößert oder verkleinert dargestellt werden. Die Brennweite wird in Millimeter angegeben. Bei Vergrößerung der Brennweite verkleinert sich der Bildausschnitt.

Folgend sind die gängigsten Objektive und Brennweiten beschrieben.

⁸⁰ Vgl. ebda; S.95; Kapitel: 4.4.3 Größe der Einstellung.

Bildausschnitt nach Brennweite



Bild 87: Brennweiten

3.8.1 Normalobjektiv

Die natürlichste Darstellung wird mit einer mittleren Brennweite von 35-70mm erzeugt. Diese ist dem natürlichen menschlichen Blickfeld am nächsten.⁸¹

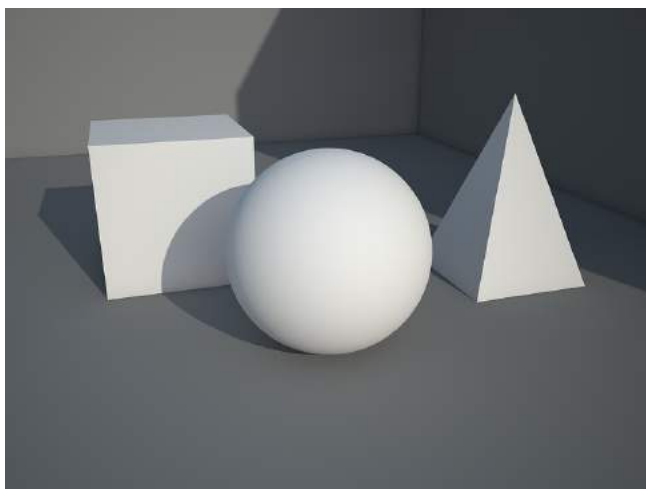


Bild 88: Brennweite 36mm

⁸¹ Vgl. ebda; Kapitel: 4.4.3 Brennweite.

3.8.2 Teleobjektiv

Größere Brennweiten von 80-200mm verkleinern den Bildausschnitt und zoomen an die Szene heran ähnlich wie durch ein Teleskop.⁸²

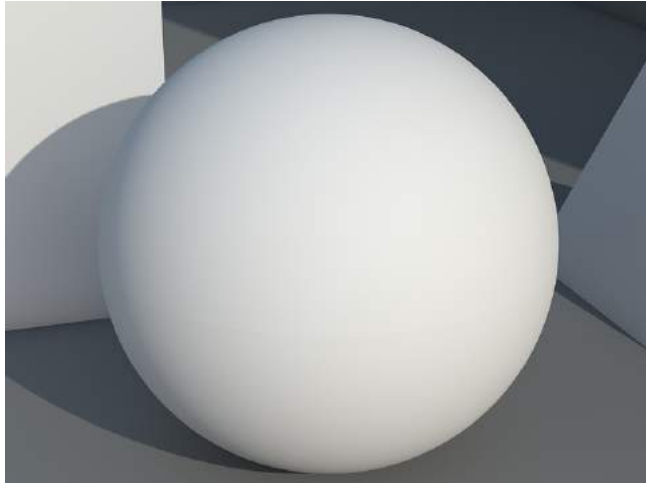


Bild 89: Brennweite 80mm

3.8.3 Weitwinkelobjektiv

Kleinere Brennweiten von 18-35mm geben einen größeren Bildausschnitt wieder, als der Mensch in der Natur für gewöhnlich wahrnehmen kann.⁸³

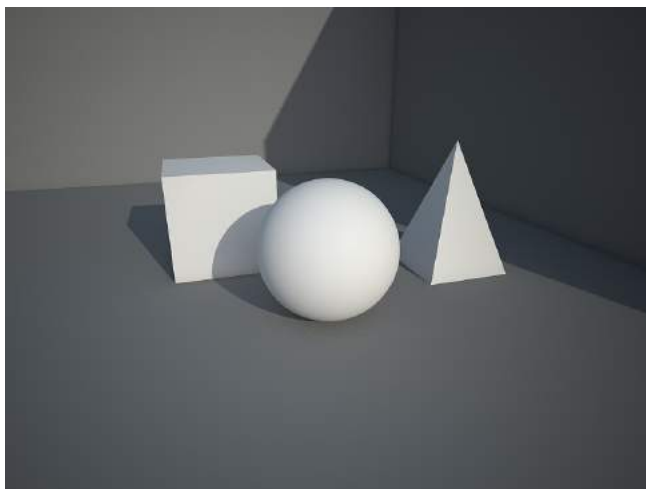


Bild 90: Brennweite 18mm

⁸² Vgl. ebda.

⁸³ Vgl. ebda.

3.9 DEPTH OF FIELD (SCHÄRFENTIEFE)

Durch gekonntes Einsetzen der Schärfentiefe können bestimmte Bereiche im Bild hervorgehoben werden, wobei ein übermäßiger Einsatz vermieden werden sollte, da die Szene ansonsten schnell unrealistisch wirken kann. Gute Ergebnisse werden mit der Zwei-Drittel-Regel erzielt. Dabei befindet sich das fokussierte Objekt $\frac{1}{3}$ hinter der vorderen und zu $\frac{2}{3}$ vor der hinteren Unschärfenebene.⁸⁴

In der digitalen Bildbearbeitung wird dieser Effekt häufig nachträglich in einem Bildbearbeitungsprogramm hinzugefügt, was einen größeren Gestaltungsfreiraum ermöglicht.

Folgend werden die wesentlichen drei Parameter für den Grad der Tiefenschärfe genauer erläutert.

Blende (F-Stop)

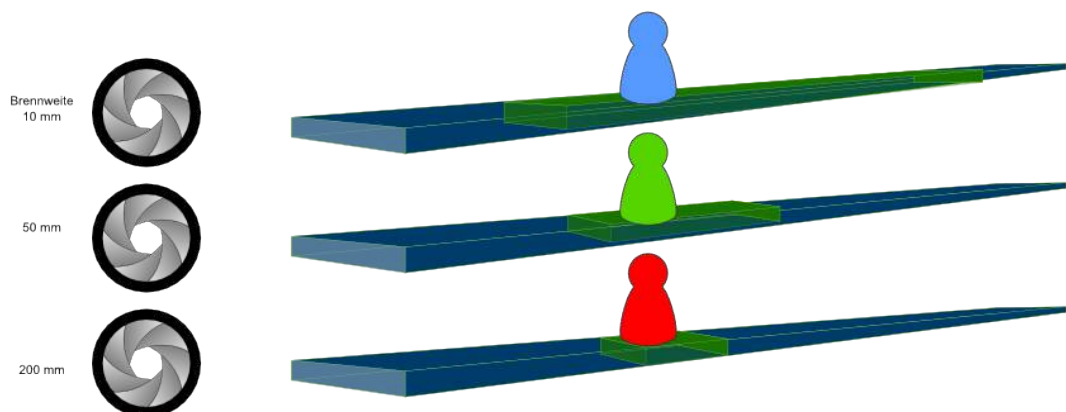


Bild 91: DOF (F-Stop)

⁸⁴ Vgl. ebda; S.97; Kapitel: 4.4.4 Schärfentiefe.

Bei einer kleinen Blendenöffnung wirkt die gesamte Szene scharf, während bei einer großen Öffnung meist nur der fokussierte Bereich als scharf wahrgenommen wird. Vorder- und Hintergrund werden dabei unscharf dargestellt.⁸⁵

Die Wahl der Blende ist abhängig von den vorherrschenden Lichtverhältnissen. Ein ausreichend belichtetes Resultat mit hoher Tiefenschärfe ist nur möglich, wenn genügend Licht vorhanden ist.

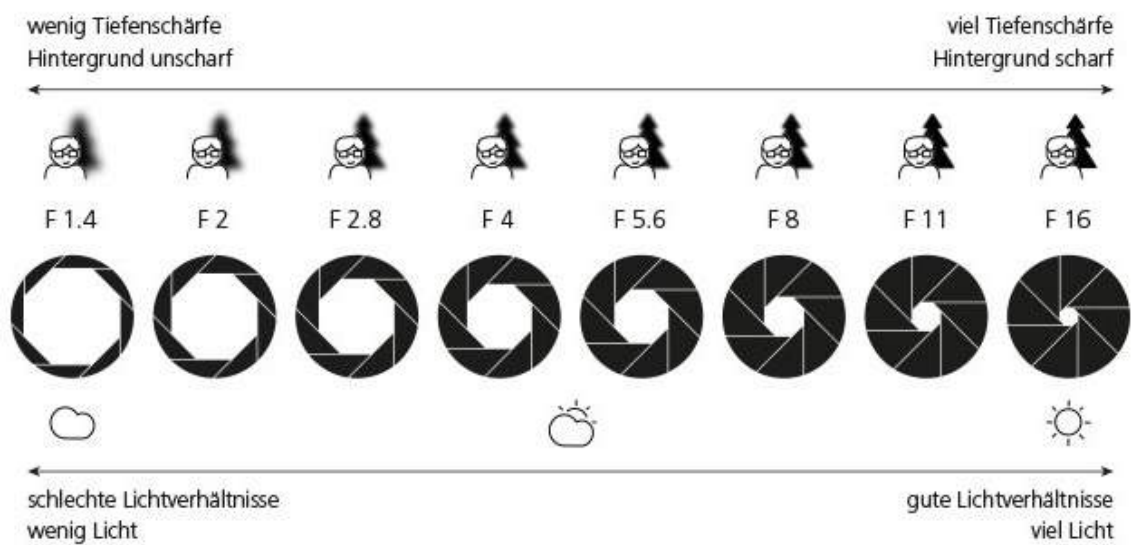


Bild 92: DOF (Blende-Licht)

Distanz (Kamera zu Objekte)

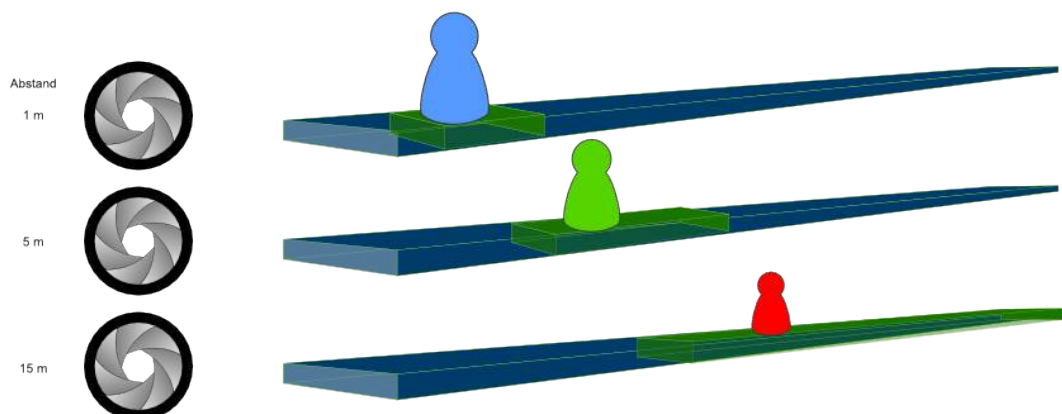


Bild 93: DOF (Distanz)

⁸⁵ Vgl. Axel Pratzner: Foto-Kurs.com; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://www.foto-kurs.com/schaerfentiefe-in-der-fotografie.htm>.

Wie im Beispiel veranschaulicht, wirkt sich auch der Abstand zwischen Kamera und fokussiertem Objekt wesentlich auf die Tiefenschärfe aus. Kürzere Distanzen haben im Vergleich zu weiteren Abständen eine kleinere Schärfentiefe. Dies führt in der Regel zu einem unscharfen Hintergrund. Da auch in der Architekturvisualisierung meist weitere Abstände zum Gebäude vorhanden sind, ist das Ausmaß der Unschärfe im Hintergrund naturgemäß eher minimal.⁸⁶

Brennweite

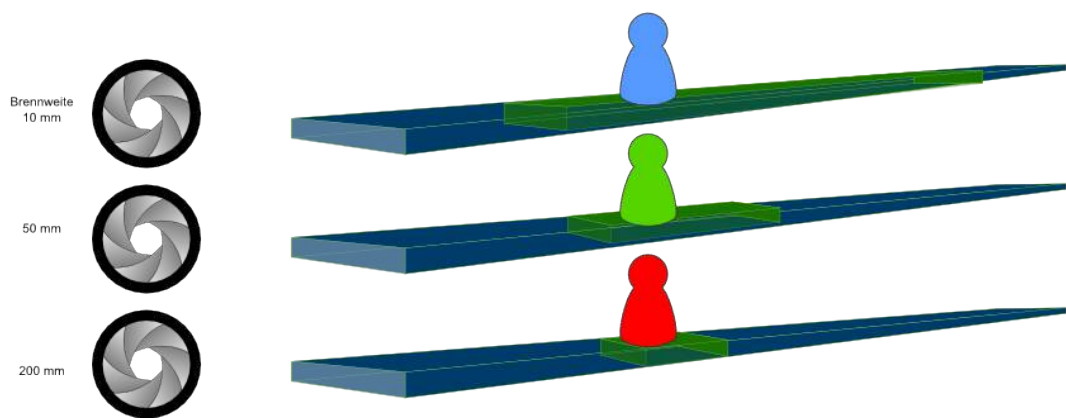


Bild 94: DOF (Brennweite)

Der dritte wesentliche Einflussfaktor für den Grad der Tiefenschärfe ist die Brennweite. Die Faustregel besagt, je größer die Brennweite gewählt wird, desto unschärfer wirkt der Hintergrund. Speziell bei Portraitfotos wird dieser Unschärfeeffekt oft gezielt eingesetzt. Teleobjektive haben somit eine geringere Tiefenschärfe als Weitwinkelobjektive.⁸⁷

⁸⁶ Vgl. ebda.

⁸⁷ Vgl. ebda.

3.9.1 Beispiele – Unschärfebereiche

Unschärfe im Vordergrund



Bild 95: Unschärfebereich (vorne)

Unschärfe im Hintergrund



Bild 96: Unschärfebereich (hinten)

Unschärfe im Vorder- und Hintergrund



Bild 97: Unschärfebereich (vorne & hinten)

3.10 MOTION BLUR

Die Bewegungsunschärfe ist ein Begriff der Fotografie, die es ermöglicht, Bilder durch lange Belichtungszeiten dynamischer wirken zu lassen. Voraussetzung dafür sind bewegliche Motive. Dieser Effekt, auch „Blurring“ genannt, war schon bei den ersten Fotografien im 19. Jahrhundert weit verbreitet, da die ersten Kameras im Vergleich zu heute sehr lange Belichtungszeiten voraussetzten. Diese Bewegungsunschärfe war damals meist unerwünscht, weshalb ein sekundenlanges Stillhalten den abzubildenden Objekten abverlangt wurde. Mit der zeitgemäßen Technik von heute, lässt sich diese Bewegungsunschärfe in der Fotografie mittlerweile gezielt steuern und wird vor allem bei Naturaufnahmen eingesetzt. Zwei Arten von „Motion Blurring“ sind zu unterscheiden:

Object-Motion Blur

Hierbei bewegen sich die abzubildenden Objekte. Die Kamera steht still.



Bild 98: Object-Motion Blur

Camera-Motion Blur

Der Effekt der Bewegungsunschärfe lässt sich auch bei statischen Motiven erzeugen, indem die Kamera bewegt wird.



Bild 99: Camera-Motion Blur

Auch in der digitalen Visualisierung und Animation ist es möglich „Motion Blurring“ miteinzuarbeiten. Dabei kann dieser Effekt wie in der echten Fotografie über den „Shutter-Speed“ der programminternen, physikalischen Kameras gleich mitgerendert oder nachträglich in Bildbearbeitungsprogrammen über sogenannte Weichzeichner hinzugefügt werden.

4 MATERIAL

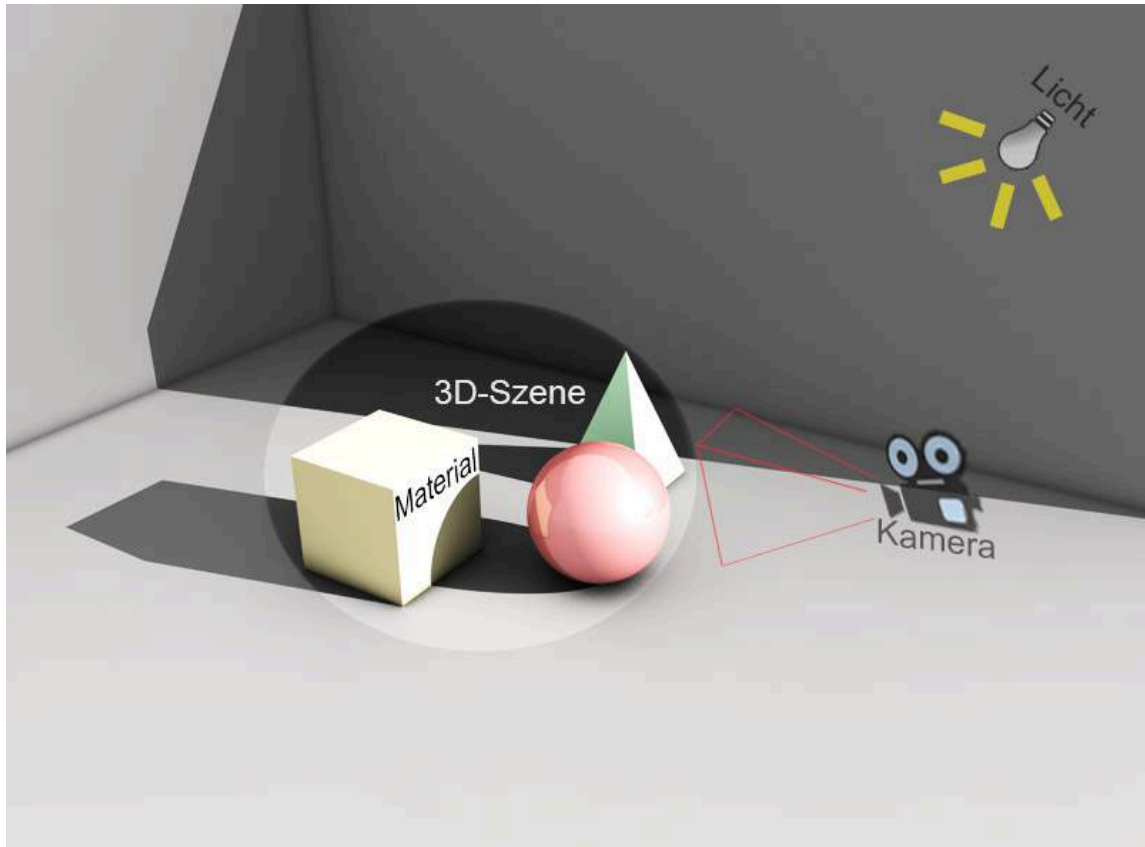


Bild 100: Übersicht-Material

4.1 ALLGEMEIN

Der wohl wichtigste Einflussfaktor für ein gelungenes Rendering bildet, neben Belichtung und Kamera, die Simulation von Materialien und Texturen. Eine Vielzahl an Einstellungsmöglichkeiten ermöglichen es dem Nutzer die optimalen Oberflächen für seine modellierten Geometrien zu gestalten. Die meisten Renderprogramme bieten mittlerweile eine ausgedehnte Auswahl an voreingestellten Oberflächenmaterialien und Texturen an, die nur mehr per Drag & Drop auf die gewünschte Geometrie gezogen werden müssen. Im eigenen Materialeditor können entweder bereits bestehende Texturen weiter angepasst oder gänzlich neu erstellt werden. Während

Anfänger meist auf den programminternen Oberflächenkatalog zurückgreifen, erstellen Profis vielmehr eigene Materialien, da hierbei die volle Kontrolle beim Ersteller bleibt.

4.2 GEOMETRIE

Grundlage für die Texturierung von Oberflächen sind zuvor modellierte dreidimensionale Modelle. Dabei werden Kombination aus geometrischen Grundformen mithilfe diverser Modellierungswerkzeugen, wie beispielsweise den „Bool’schen Operationen“, zu neuen dreidimensionalen Körpern geformt.

Oft werden architektonische Entwürfe in unterschiedlichen Programmen modelliert und schlussendlich gerendert. Dies liegt daran, dass sowohl die Modellierung als auch der eigentliche Renderprozess jeweils für sich komplexe Vorgänge sind, die von der Bearbeitung her relativ unterschiedliche Anforderungen stellen. Vor allem beim geometrischen Aufbau von Architekturmodellen ist es für viele Nutzer leichter eine dafür angebotene CAD-Software für die Modellierung zu verwenden. Im Vergleich zu den allgemeinen Modellierprogrammen sind hierbei die Auswahlmöglichkeiten der geometrischen Körper speziell auf architektonische Entwürfe zugeschnitten. Zusätzlich werden meist umfangreiche Bibliotheken mit fertigen Bau- und Einrichtungselementen zur Verfügung gestellt. Nachteil dieser CAD-Programme ist die im Vergleich zu den Markführern meist leistungsschwächere integrierte Renderengine, was dazu führt, dass für die eigentliche Visualisierung auf andere Programme ausgewichen wird.

Die beste Renderengine bringt jedoch auch keine professionellen Illustrationen hervor, sofern die zuvor erstellte Geometrie unsauber modelliert wurde.

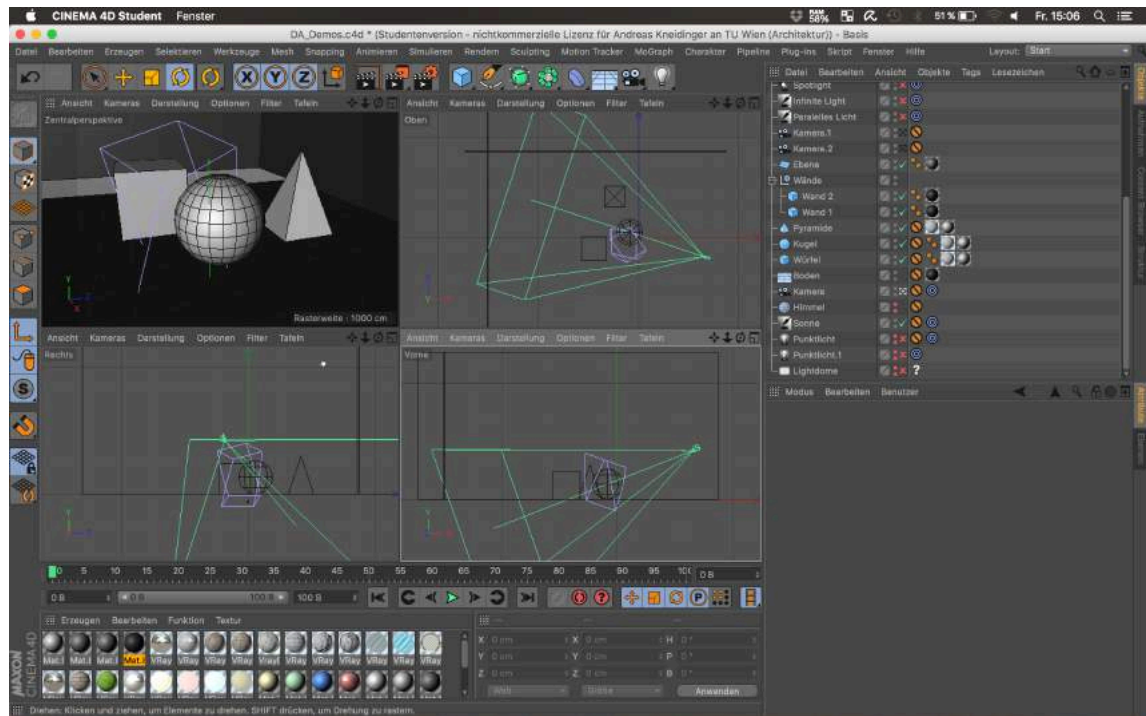


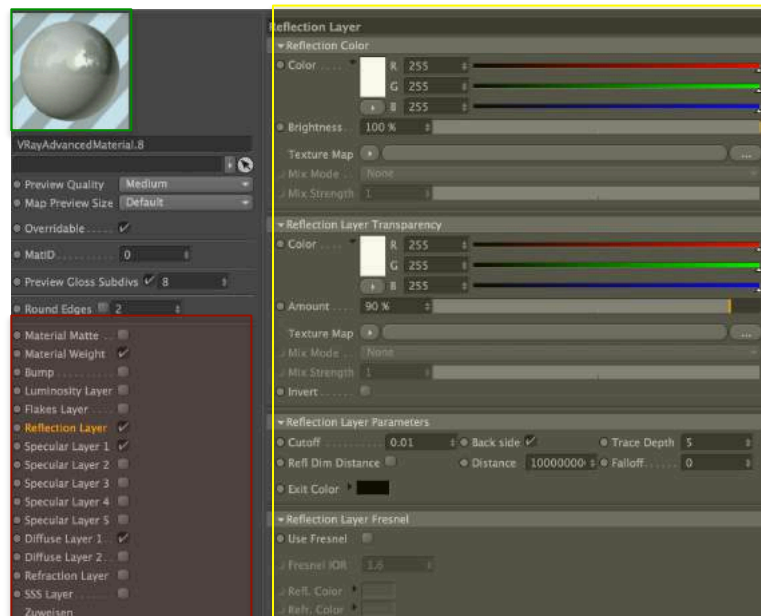
Bild 101: C4D-Modellfenster

4.3 MATERIALEDITOR

Der Materialeditor ist das Kern-Tool bei der Bearbeitung von Materialien und eine komplexe Angelegenheit, die etwas Kenntnis und Erfahrung voraussetzt. Je nach Renderprogramm gibt es eine größere oder kleinere Auswahl an unterschiedlichen Materialeigenschaften wie Farbe, Transparenz, Leuchten, Reflektion, Bump etc., die gesondert eingestellt werden können und ähnlich wie in Photoshop in Ebenen, sogenannte Materialkanäle, aufgeteilt sind.

Des Weiteren können ebenso wie in Photoshop Masken erstellt, Transparenzen angepasst, Alphakanäle aktiviert und eigene Bilder als Texturen importiert werden. Die Auswirkungen jeder kleinsten Änderung wird in Echtzeit in einem kleinen Preview-Fenster angezeigt und kann somit noch im Materialeditor überprüft werden.

4.3.1 Materialeditor-Fenster (Bsp.: V-Ray)



Ebenen-Aufteilung

Einstellungen

- Farbe/Textur
- Transparenz
- Reflexion
- Etc.

Materialvorschau

Bild 102: Material Editor (V-Ray)

4.4 TEXTUREN

Alternativ können auch digitale Bilder (Bitmaps) als Oberflächentextur verwendet werden, auch „Textur-Mapping“ genannt, die zusätzliche Eigenschaften wie Glanz, Spiegelungen, Transparenz etc. erhalten können, indem die jeweiligen Ebenkanäle hinzugeschaltet werden. Diese sollten für eine fugenlose Darstellung kachelbar oder über „UVW“-Mapping genau auf die Geometrie zugeschnitten sein. Texturen in Graustufen werden insbesondere für den „Bump“- und „Displacement“- Kanal eingesetzt. Sie regeln über die verschiedenen Grautonwerte des Bitmaps die Stärke des 3D-Effektes.⁸⁸

⁸⁸ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.99/Kapitel 4.5 Material.

4.5 SHADER

Für eine genauere Optimierung der Materialien steht dem Nutzer eine Vielzahl an „Shader“ zur Verfügung. Sie ermöglichen es Texturen weiter nach bestimmten Kriterien anzupassen und zusätzliche Effekte wie beispielsweise Rauschen, Farbverläufe etc. miteinzubeziehen. In machen Fällen können sie auch als eigenständige Materialien verwendet werden. Vorteil dieser softwareinternen „Shader“ ist eine auflösungsunabhängige nahtlose Anpassung auf sämtliche Geometrien.⁸⁹

Folgend eine kleine Auswahl der nützlichsten „Shader“, die von den gängigen Renderprogrammen angeboten werden.

4.5.1 Muster-Shader

Softwareabhängig können bestimmte integrierte Beispielmuster je Materialkanal ausgewählt werden. Sie funktionieren wie ein Auswahlkatalog und ersetzen das Hinzuladen von externen Bitmaps. Sie sind sozusagen programminterne Texturen.

Wenn es darum geht, Oberflächen kleine Störungen zu verpassen, wie es in der Natur auch vorkommt, ist der „Noise-Shader“ eine hilfreiche Alternative. Die Größe und Art des Rauschen-Effekts kann je nach Zweck angepasst werden. Für raue Putzwände beispielsweise sind kleine und kontrastreichere „Noise-Shader“ besser geeignet, als für glatte Eternitplatten. Generell wird dieser Effekt auf sehr vielen Materialien angewendet, da zu glatte und saubere Oberflächen unrealistisch wirken.

Des Weiteren ist der „Fresnel-Shader“ ein nützliches Mittel, um speziell transparente Oberflächen, wie Glas und Flüssigkeiten, naturgetreu abzubilden. Je nach Winkel der

⁸⁹ Vgl. Helge Maus: Einstieg in Cinema 4D 11 (Galileo Design); 2009; S.224-225/Kapitel 8.1.1 Shading, Material und Textur.

Kameraposition zum Objekt ändert sich die Darstellung der Materialien. (mehr dazu im Kapitel: 4.6.3 Specular Layer).⁹⁰

4.5.2 Bildbearbeitungs-Shader

Ähnlich wie in Bildbearbeitungsprogrammen ist es hier möglich Bitmaps intern zu bearbeiten. Dabei können Texturen neu eingefärbt, mit Filtern versehen oder mit anderen „Shadern“ kombiniert werden. Zudem ist eine Korrektur von Kontrasten, Helligkeiten und Sättigungen auf einfache Art und Weise möglich. Speziell für das „Bump-Mapping“ können farbige Bitmaps ohne Umwege in Schwarz-/Weiß-Bilder umgewandelt werden.

Über „Ebenen-Shader“ können ebenfalls unterschiedliche Effekte, Bilder oder „Shader“ wie in Photoshop über diverse Berechnungsmethoden (Multiplizieren, Kopieren etc.) zusammengefasst werden.⁹¹

4.5.3 Effekt-Shader

Wenn es darum geht, optische Feinheiten herauszuarbeiten, sind „Effekt-Shader“ eine nützliche Ergänzung. Alternativ zu den eigentlichen Materialkanälen können erweiterte Eigenschaften hinzugefügt werden wie Glanz, Leuchten, Verläufe, Verzerrungen etc. Ebenso können Auflösungen reduziert werden, um einen Mosaik-Effekt zu generieren.⁹²

⁹⁰ Vgl. Andreas Asagner: Cinema 4D 12 (Galileo Design); 2011 S. 264/Kapitel 15.3 Texturen und 2D-Shader.

⁹¹ Vgl. ebda; S.265-266.

⁹² Vgl. ebda; S.266-267.

4.5.4 Oberflächen-Shader

Abhängig vom Materialeditor der verwendeten Software stehen hier mehr oder weniger vordefinierte Oberflächentexturen zur Verfügung. Die gängigsten sind jene, die elementar in der Natur vorkommen wie Feuer, Erde, Wasser, Stein, Holz, Rost, Wolken, Sternfelder etc.⁹³ Auch Materialien aus der Architektur sind oft als vordefinierte „Shader“ vertreten.

4.5.5 3D-Shader

Ähnlich wie beim „Displacement“ beeinflussen „3D-Shader“ das Volumen der Geometrie. Beliebte Einsatzbereiche dafür sind die Texturierung von Landschaften, Gebirge, Wasseroberflächen, Nebel, Rost, Maserungen in Holz etc.⁹⁴

4.6 MATERIALKANÄLE (V-RAY)

4.6.1 Diffuse Layer (Farb-Layer)



Bild 103: Farbe

Dieser Kanal bestimmt primär die Farbe eines Materials. Das Laden von „Bitmaps“ als Oberflächentexturen ist ebenso möglich und wird in der Praxis häufig angewendet. Durch die Möglichkeit Farben und Texturen mehr oder weniger transparent zu gestalten, können auch Kombinationen der beiden erzeugt werden. Zusätzlich bieten diverse Renderprogramme auch einen zweiten „Diffuse“-Kanal an, der optional für

⁹³ Vgl. ebda; S.268-269.

⁹⁴ Vgl. ebda; S.271-272/Kapitel: 15.4 3D- und Volumen-Shader.

weitere Farb- und Texturkombination zur Verfügung steht. Die finale Oberflächenerscheinung ist gleichwohl eine Komposition aus allen Ebenen-Kanälen. Die hierarchisch weiter oben angeordneten Layer können bei einer absoluten Opazität die „Diffuse“-Ebene zur Gänze überdecken. Dies ist physikalisch korrekt und macht auch Sinn, denn einem Spiegel beispielsweise, der eine hundertprozentige Reflexion aufweist, ist auch keine Farbe zuordenbar. Das Gleiche ist bei stark selbstleuchtenden Materialien der Fall, wo nur mehr das Licht aber keine Materialfarbe zum Vorschein kommt. Aus diesen Gründen sind in einigen Renderprogrammen (Bsp.: V-Ray) Layer wie „Luminosity“ und „Specular“ über der eigentlichen Farbebene angeordnet.⁹⁵

Des Weiteren können in den Optionen unter anderem Helligkeiten, Transparenzen, Mix-Modi, Oberflächenrauigkeiten etc. eingestellt werden.

Einsatzbereich: Oberflächen jeglicher Art, die nicht zur Gänze spiegeln oder leuchten.

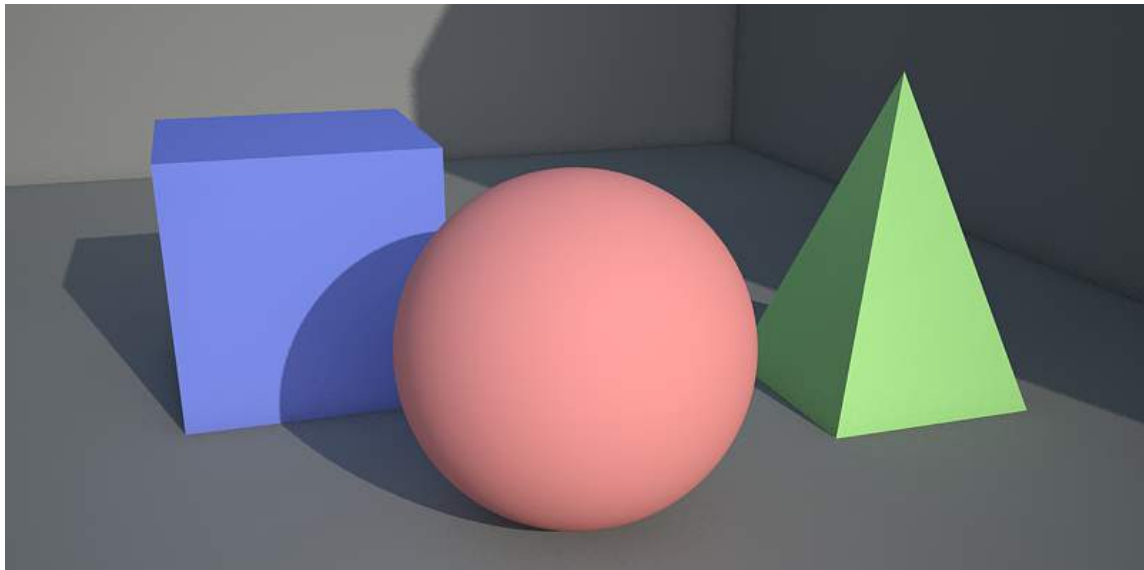


Bild 104: Diffuse

⁹⁵ Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Diffuse Layer; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/vray-materials/advanced-material-layers/diffuse-layer/>.

4.6.2 Reflection Layer



Bild 105: Reflexion

Dieser Kanal simuliert Spiegelungen auf Materialoberflächen. Naturgemäß reflektieren beinahe alle Oberflächen mehr oder weniger stark. Ein Spiegel beispielsweise hat eine hundertprozentige Reflexion, während dunkle und matte Oberflächen Licht eher absorbieren als reflektieren.

Realistische Spiegelungen sind vor allem in der Architekturvisualisierung essentiell. Bei Außenrenderings wird daher oft ein „HDR-Image“ als Hintergrundbild eingefügt, um naturgetreue Spiegelungen zu erhalten. In den Optionen können neben Intensität und Farbe der Spiegelungen auch Transparenzen manuell eingestellt werden.

Einsatzbereich: Spiegel; Metalle; Glas

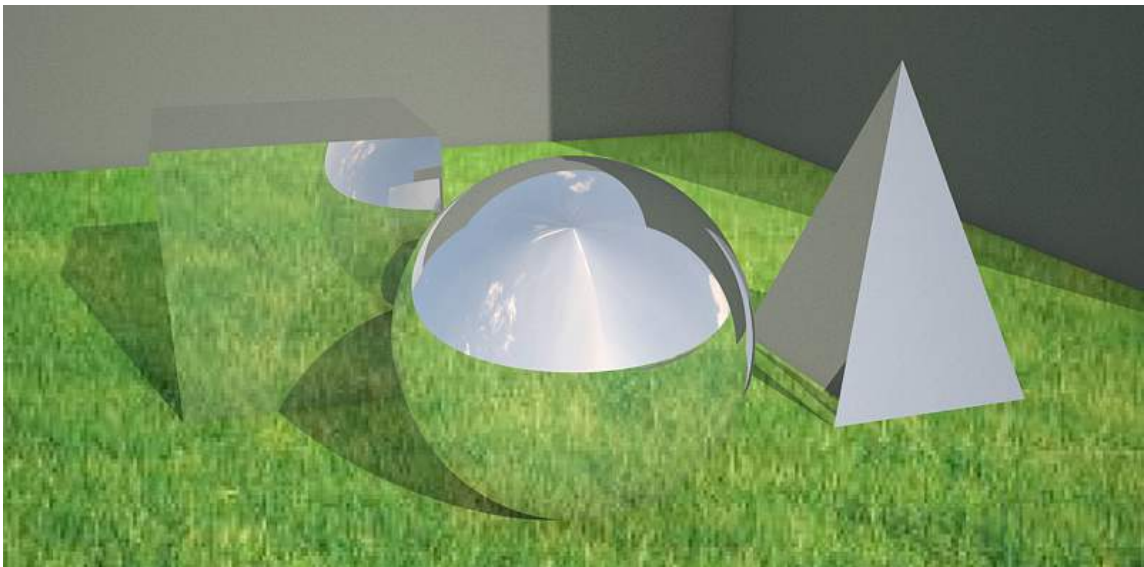


Bild 106: Reflection

4.6.3 Specular Layer



Bild 107: Glanz

Physikalisch gesehen ist das „Specular“ eine unscharfe, glänzende Lichtreflexion auf einer meist stark beleuchteten Oberfläche. Diese Reflexion kommt häufig bei metallischen, keramischen oder gläsernen Materialien vor. In den Layer-Settings gibt es eine Fülle an Optionen, die je nach Zweck unterschiedlich angepasst werden können. Grundsätzlich kann aus drei Varianten (V-Ray) gewählt werden „Blinn“, „Ward“ und „Phong“, welche primär die Form der Glanzlicht-Darstellung beeinflussen. Die ersten beiden erzielen realistische Resultate speziell bei Metallen.⁹⁶

Außerdem kann eine „Specular“-Farbe eingestellt werden, sowie die Intensität des Effektes und die Layer-Transparenz. Je höher die Transparenz, desto sichtbarer werden die darunter liegenden Ebenen. Sekundäre Einstellungen, wie Darstellung der Kanten, Schärfe der Reflexion, Mischverhältnis von Farbe und geladener Bildtextur sowie physikalische Anisotropie optimieren zusätzlich den Glanzeffekt.

Fresnel

Ein weiterer wesentlicher Parameter beim „Specular-Layer“ ist der „Fresnel“-Effekt. Wie in der Natur werden dabei Glanzspiegelungen abhängig vom Betrachtungswinkel physikalisch korrekt berechnet und dargestellt. Bei einem frontalen Betrachtungswinkel sind diese Glanzlichter im Vergleich zu spitzeren Winkeln kaum sichtbar.⁹⁷ Arbeitet der Nutzer mit der „Fresnel“-Methode deaktivieren sich die „Specular“-Transparenzoptionen automatisch, da diese für die Berechnung widersprüchlich sein können.

⁹⁶ Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Specular Layer; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://vrayc4d.com/live/vrayfor4d-manual/vray-materials/advanced-material-layers/specular-layer/>.

⁹⁷ Vgl. Helge Maus: Einstieg in Cinema 4D 11 (Galileo Design); 2009; S115.295-296/Kapitel 9.3.3 Fresnel-Shader.

Der „Fresnel“-Effekt kann außerdem auch für transparente Oberflächen eingesetzt werden. Ein wesentlicher Faktor hierbei ist der IOR-Wert (Index of Refraktion), der sich auf die Intensität des „Fresnel“-Verhaltens unterschiedlicher Materialien bezieht. Glas beispielsweise hat ein niedriges IOR von 1,5-1,75. Keramiken, Plastik und poliertes Holz haben hingegen ein IOR von 3-6 und Metalle befinden sich zwischen 10 und 200.⁹⁸

Aufgrund der vielfältigen Einstellungsmöglichkeiten beim „Specular“-Layer, bieten einige Visualisierungsprogramme gleich mehrere dieser Glanzlichtkanäle an. Somit können einzelne Ebenen erstellt und zusammengefasst werden, die unterschiedliche Aufgaben im Bereich der Lichtspiegelung übernehmen. V-Ray bietet beispielsweise gleich fünf „Specular“-Layer an, was die enorme Vielfältigkeit der Einstellungsmöglichkeiten unterstreicht.

Einsatzbereich: Metalle; Poliertes Holz; Keramik; Plastik; Glas

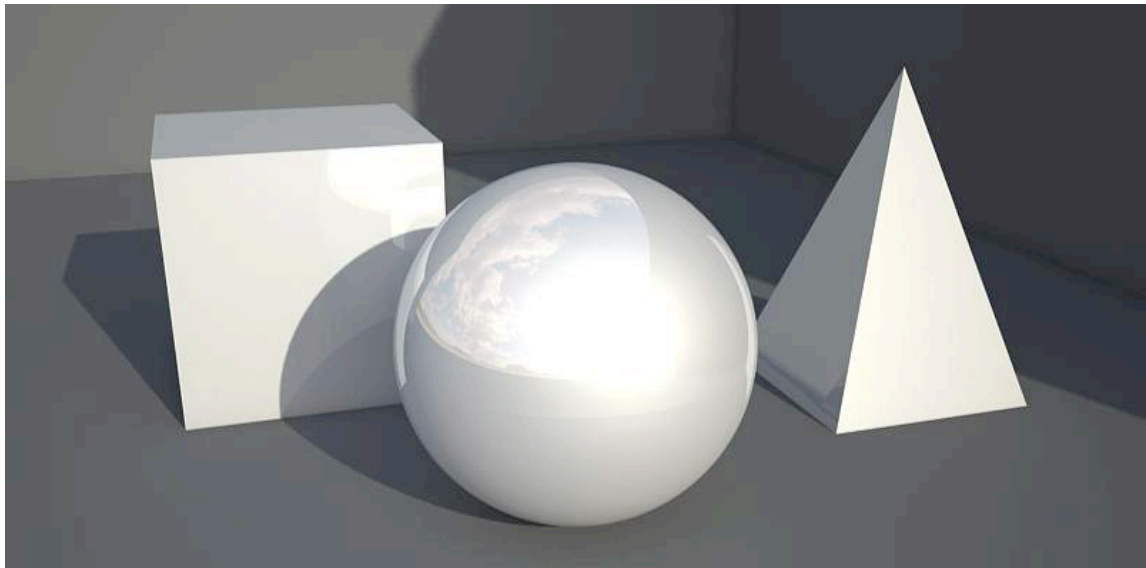


Bild 108: Specular

⁹⁸ Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Specular Layer; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/vray-materials/advanced-material-layers/specular-layer/>.

4.6.4 Refraction Layer



Bild 109: Refraktion

Themenspezifische Software (V-Ray) vereinen Transparenz und Transluzenz in einem Kanal, dem „Refraction“-Layer. Hier können alle Arten von transparenten und transluzenten Materialien wie beispielsweise Gläser und Flüssigkeiten erstellt werden. Alternativ könnten auch die Transparenzen der anderen Ebenen erhöht werden, um selbigen Effekt zu erzielen. Dennoch gibt es im „Refraction“-Kanal etliche Zusatzmöglichkeiten, die für ein professionelles Resultat ausschlaggebend sein können. Wie beim „Fresnel“-Effekt kann hierbei der „IOR“-Index manuell eingestellt werden, der sich direkt auf die Lichtbrechung durch das Material auswirkt.⁹⁹

Zusätzliche Einstellungsmöglichkeiten, wie „Refraction“-Farbe, Materialvolumen, Helligkeit, Mix-Modi etc. können ebenso gesteuert werden.

Einsatzbereich: Gläser; Flüssigkeiten; transparente Oberflächen

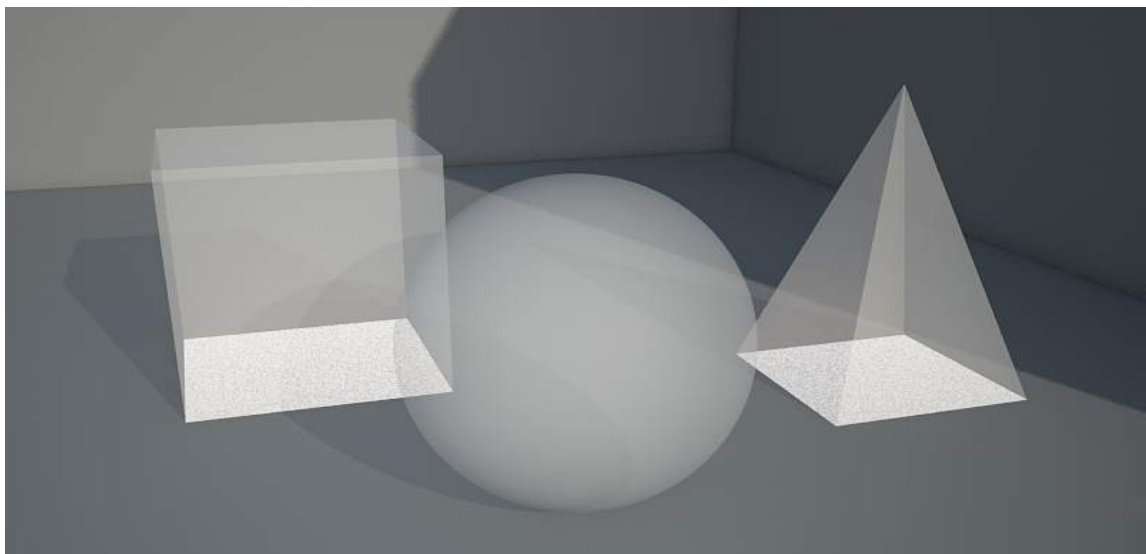


Bild 110: Refraction

⁹⁹ Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Refraction Layer; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://vrayc4d.com/live/vrayfor4d-manual/vray-materials/advanced-material-layers/refraction-layer/>.

4.6.5 Material Weight (Transparenz/Opazität)



Bild 111: Alpha

Dieser Layer funktioniert ähnlich wie die Maske aus Photoshop. Dabei ist es empfehlenswert Schwarzweißtexturen zu verwenden, die als Alphakanal fungieren und gewisse Stellen sichtbar oder unsichtbar machen und somit die Darstellung von Geometrien manipulieren können. Dabei werden im Modell weiße Bereiche des Bildes als sichtbar- und gänzlich schwarze Flächen als unsichtbar dargestellt. Transparenzen können mittels Graustufenbilder erzeugt werden.¹⁰⁰

Mithilfe von Filtern und anderen Werkzeugen können die Texturen weiter angepasst werden. Zusätzlich ist die Intensität des Mixverhältnisses mit anderen Materialebenen steuerbar. Die Funktionen gehen über die des eigentlichen Alphakanals weit hinaus.

Einsatzbereich: Kleinteilige Muster, die nicht extra modelliert werden (z.B.: Maschendrahtzaun, Blätter)

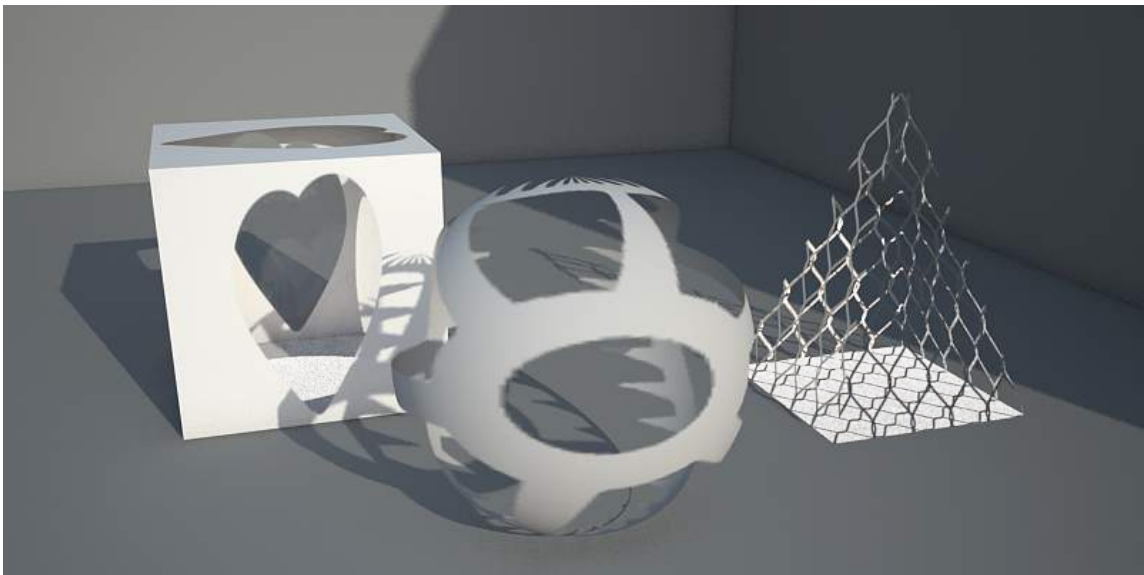


Bild 112: Material Weight

¹⁰⁰ Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Material Weight; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://vrayc4d.com/live/vrayfor4d-manual/vray-materials/advanced-material-layers/material-weight/>.

4.6.6 Bump Layer

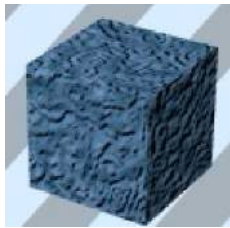


Bild 113: Relief

Dieser Layer ist hilfreich bei der Erstellung von 3D-Effekten auf Texturen. Das „Bump“, zu Deutsch Relief, vermittelt durch eine gezielte Verschattung der Oberfläche den Eindruck einer 3D-Struktur, ohne dabei die eigentliche Geometrie zu verändern. Der Realismusgrad kann dabei erheblich gesteigert werden, da die Materialien durch diesen Effekt weitaus plastischer wirken. Um ein „Bump“ zu erzeugen, benötigt man lediglich ein Graustufenbild der eigentlichen Textur. Die Software stellt dabei helle Bereiche des Bildes flach und dunkle Flächen optisch dreidimensional dar.¹⁰¹ Manuell kann der Reliefeffekt je nach Zweck erhöht oder reduziert werden.

Anders als beim „Displacement“ wird beim „Bump“ keine echte Dreidimensionalität erzeugt.

Einsatzbereich: Raue Putz- und Betonfassaden; Naturstein; Asphalt; Holzwerkstoffe

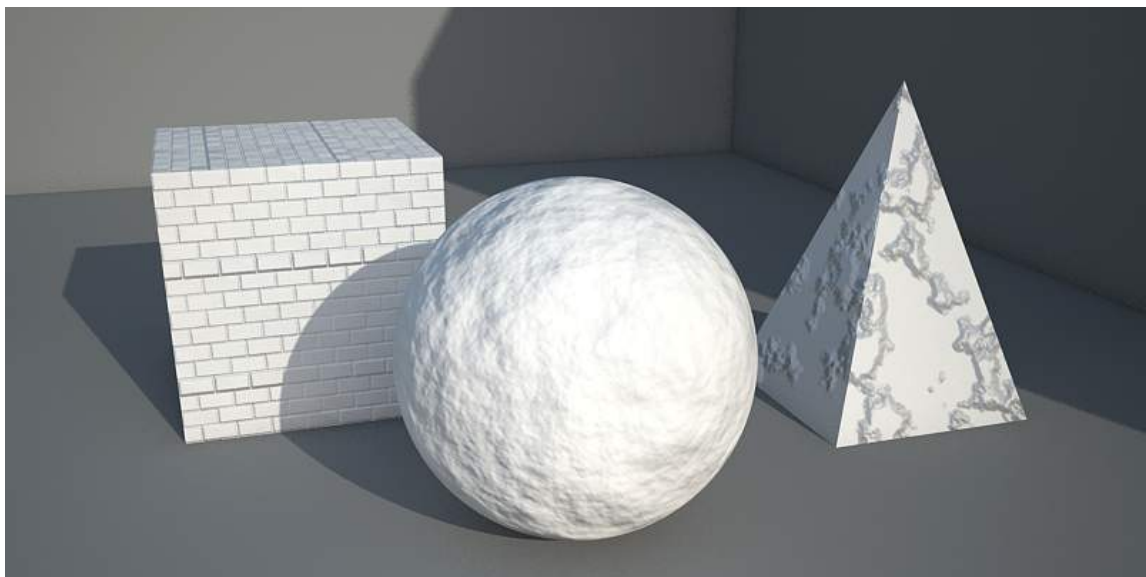


Bild 114: Bump

¹⁰¹ Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Bump; 14.10.2016; Zugriff unter:
<http://vrayc4d.com/live/vrayfor4d-manual/vray-materials/advanced-material-layers/bump/>.

4.6.7 Displacement

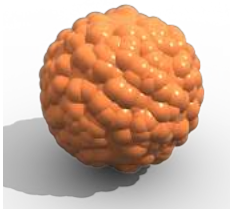


Bild 115: Displacement

In einigen Renderprogrammen ist das „Displacement“ ein eigener Layer im Materialeditor. Andere Software wie etwa V-Ray bieten diese Funktion gesondert als isolierten „Displacement“-Kanal an. Der entscheidende Unterschied liegt darin, dass eine 3D-Textur erzeugt wird, die, anders als beim „Bump“, eine direkte Auswirkung auf die eigentliche Geometrie hat.

Benötigt wird auch hier ein Graustufenbild, das je nach Helligkeit und Kontrast dem „Displacement“ seine Form gibt. Je heller der Bereich im importierten Bild ist, desto weiter kragt die Oberfläche nach außen. Manuell können auch eine Vielzahl an Einstellungsmöglichkeiten wie Größe, Darstellung der Kanten etc. getätigt werden. Trotz längerer Renderzeit ist das „Displacement“ im Vergleich zum „Bump-Mapping“ vor allem bei größeren 3D-Effekten eine gute Alternative und erspart mühsame Modellierarbeit.

Einsatzbereich: Kleinteilige Oberflächen, die nicht extra modelliert werden (Pflanzen)

Unterschied: „Bump“ / „Displacement“



Bild 116: Bump Erdball



Bild 117: Displacement Erdball

4.6.8 Luminosity Layer



Bild 118: Selbstleuchtend

Der Layer ermöglicht selbstleuchtende Oberflächen, die als zusätzliche Lichtquellen eingesetzt werden können. Wie in den meisten Kanälen können auch hier „Bitmaps“ als Oberflächentexturen hinzugeladen werden. Oft verwendet werden „HDR-Images“ als selbstleuchtende Hintergrundbilder, die als zusätzliche Umgebungsbeleuchtung fungieren. In den Optionen können der Grad der Lichtintensität sowie Parameter betreffend „Global Illumination“ eingestellt werden.¹⁰²

Einsatzbereich: Leuchtende Reklametafel; selbsterstelltes Himmelsobjekt

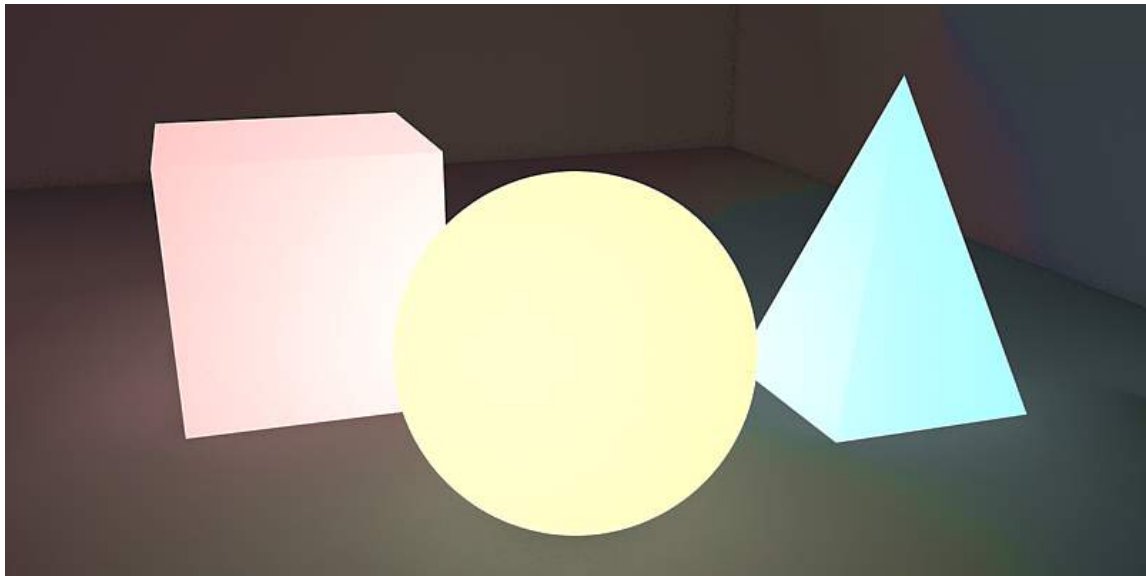


Bild 119: Luminosity

¹⁰² Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Luminosity Layer; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/vray-materials/advanced-material-layers/luminosity-layer/>.

4.6.9 Flakes Layer



Bild 120: Flecken

Diese Ebene erzeugt, wie der Name vermuten lässt, flockenartige Texturen auf den Materialoberflächen, die je nach Gebrauch angepasst werden können. Dabei stehen unterschiedliche Einstellungsmöglichkeiten zur Verfügung wie Farbe, Helligkeit, Orientierung, Menge, Größe, Anordnung etc.¹⁰³

Einsatzbereich: Schnee; steinerne Oberflächen (Gehsteige, Straßen etc.)

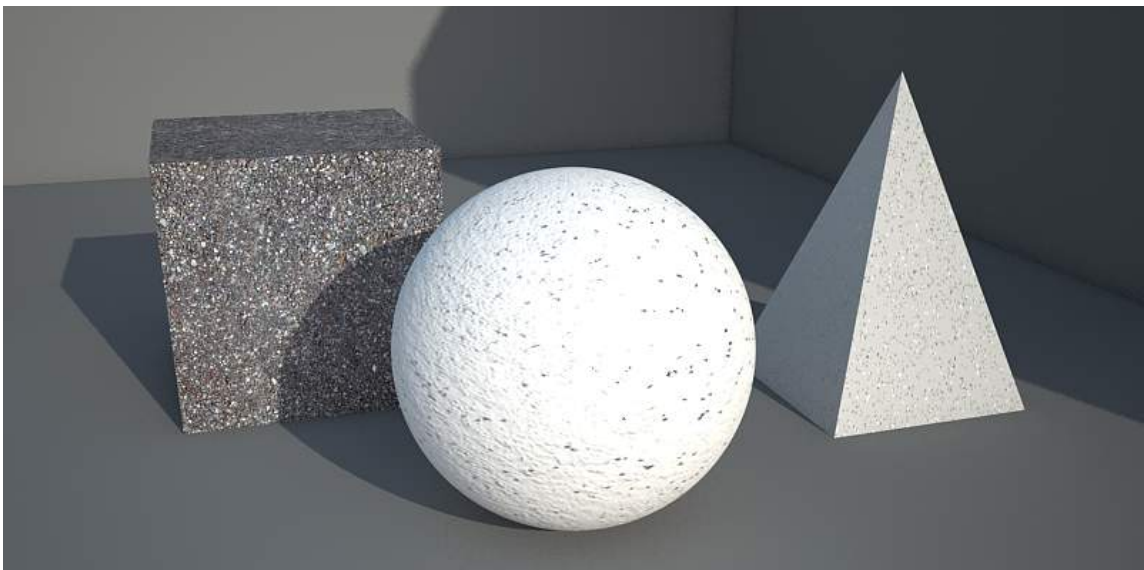


Bild 121: Flakes

¹⁰³ Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Flakes; 14.10.2016; Zugriff unter:
<http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/vray-materials/flakes-layer/>.

4.6.9.1 SSS-Layer (Sub-Surface-Scattering)



Bild 122: SSS

Dieser Kanal bezieht den Effekt der „Lichtstreuung“ innerhalb eines Materialvolumens mit ein. Semitransparente Oberflächen wie beispielsweise Milch können damit erzeugt werden.

Alternativ können in V-Ray sogenannte „Fast-SSS 2“-Materialien erstellt werden. Diese vereinfachten Oberflächen beinhalten einen Farb-, Glanz, und SSS-Kanal und sind somit in der Erstellung von transluzenten Materialien einfacher zu handhaben. Im Vergleich zum eigentlich „Sub-Surface-Scattering“ ist die Berechnungszeit wesentlich kürzer.¹⁰⁴

Einsatzbereich: Wachse; eingefärbte Gläser; Flüssigkeiten, Häute



Bild 123: Sub-Surface-Scattering

¹⁰⁴ Vgl. Chaos Software Ltd: Material/Very Fast SSS2 Material; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/vray-materials/vray-fast-sss2-material/>.

4.7 TEXTURIERUNG

Renderprogramme bieten mehrere Möglichkeiten zuvor erstellte Materialien und Texturen auf unterschiedliche Körper auszurichten. Dabei verlangen geometrische Grundformen wie Quader, Kugel, Kegel, Zylinder oder Mischformen nach verschiedenen Texturierungs-Methoden. Folgend eine Auswahl der gängigen „Mapping“-Arten.

4.7.1 Quader-Mapping

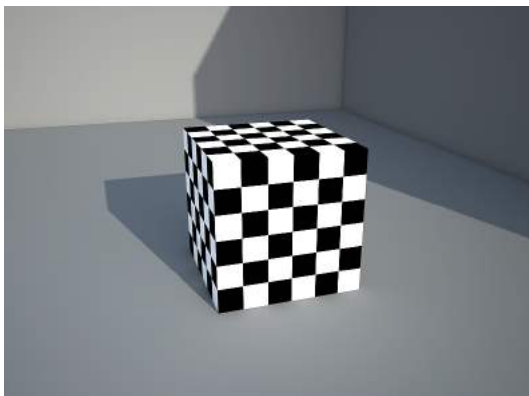


Bild 124: Quader-Mapping

Geeignet für würfel- oder quaderförmige Grundkörper wie Wände, Decken, Stützen, Balken, Kanthölzer etc.

4.7.2 Kugel-Mapping

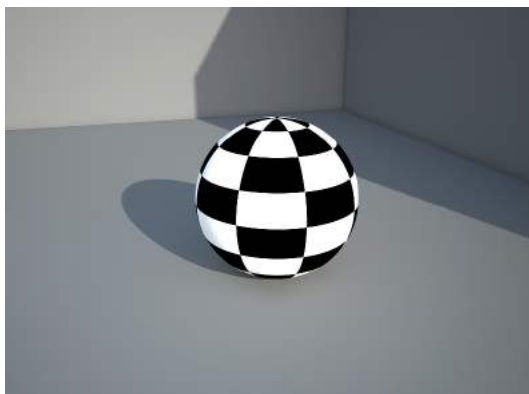


Bild 125: Kugel-Mapping

Generell geeignet für alle runden Geometrien wie beispielsweise Domes als manuelle Himmelsobjekte mit selbstleuchtenden HDRI-Texturen.

4.7.3 Zylinder-Mapping

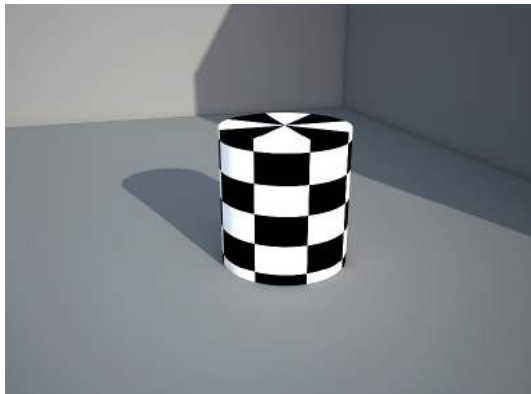


Bild 126: Zylinder-Mapping

Diese Methode ist, wie der Name vermuten lässt, ideal für zylindrische Grundkörper (runde Stützen, Rohre etc.)

4.7.4 Flächen-Mapping

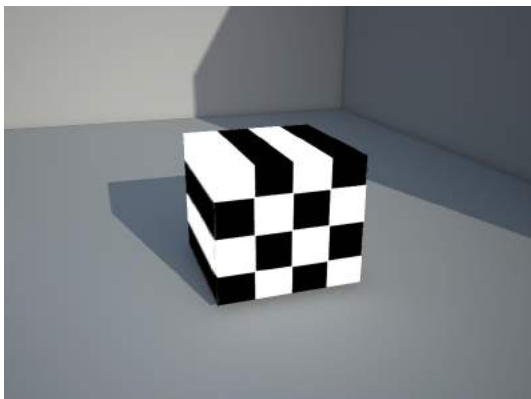


Bild 127: Flächen-Mapping

Ideal für alle Arten von ebenen Flächen wie Böden, Wände, Decken etc. Dabei werden die Texturen immer einer Richtung folgend über ein Objekt gezogen.

4.7.5 Frontal-Mapping

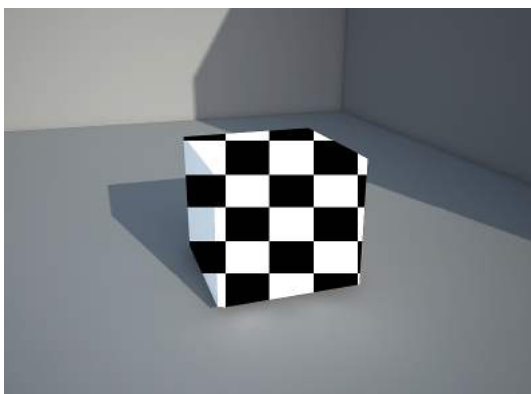


Bild 128: Frontal-Mapping

Bei dieser Methode wird die Textur unabhängig der eigentlichen Geometrieorientierung immer frontal zur Kamera angezeigt. Beim „Frontal-Mapping“ klebt das Material somit nicht auf dem Körper sondern richtet sich immer im 90°-Winkel zum Betrachter.

4.7.6 UVW-Mapping (Unwrapping)

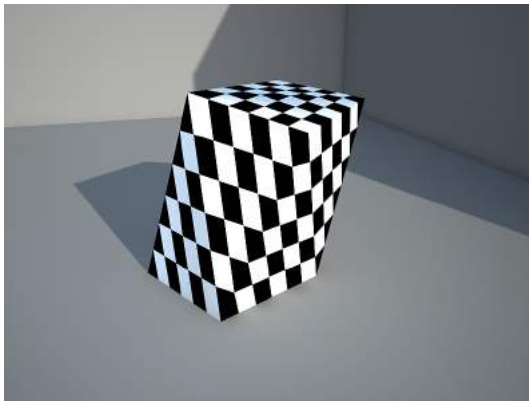


Bild 129: UVW-Mapping

Für Geometrien, die keiner direkten Grundform zugeordnet sind, kommt das „UVW-Mapping“ zum Einsatz. Hierbei wird den XYZ-Oberflächenkoordinaten des Modells je eine UVW-Texturkoordinate zugewiesen.¹⁰⁵ Diese Variante erfordert mehr Aufwand, da die Körper zunächst manuell in 2D-Flächen aufgelöst und nachträglich einzeln mit den gewünschten Texturen versehen werden müssen. Dafür passt sich die Oberflächenausrichtung jeder Geometrieverformung stets korrekt an. Obendrein behält der Nutzer die volle Kontrolle über seine Texturen.

Das folgende Beispiel wurde ausschließlich über die „UVW“-Methode texturiert. Die Oberflächen wurden dafür in einem Bildbearbeitungsprogramm erstellt.

¹⁰⁵ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.101/Kapitel 4.5.5: Texturausrichtung.

Vorgehensweise „Unwrapping“

1. Oberflächen auf zweidimensionale Ebene aufteilen und als Bilddatei exportieren

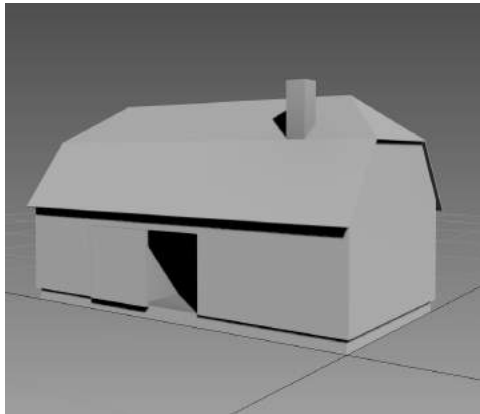


Bild 130: Unwrapping 1 (3ds max)

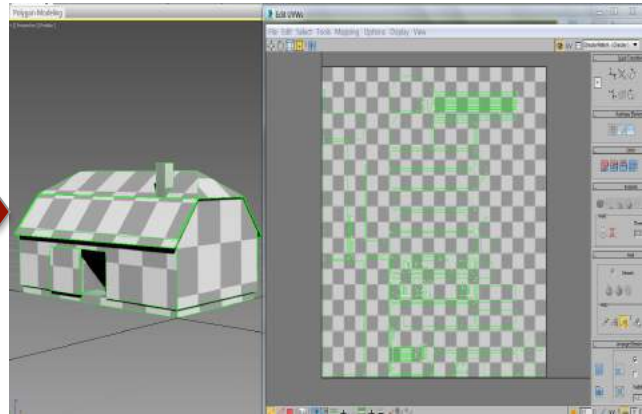


Bild 131: Unwrapping 1.1 (3ds max)

2. Erstellung der Texturen in einem Bildbearbeitungsprogramm

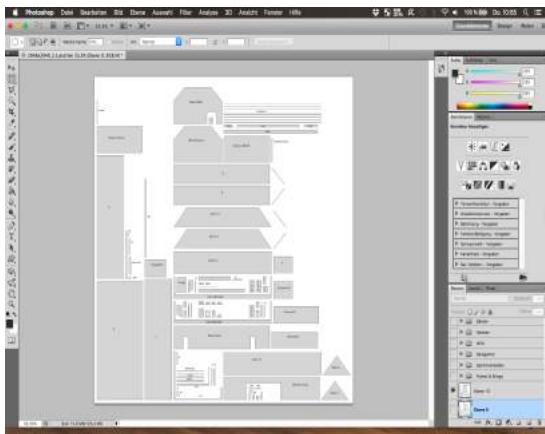


Bild 132: Unwrapping 2 (Photoshop)

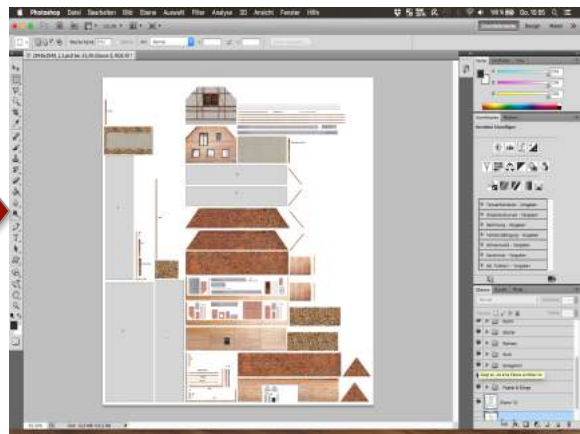


Bild 133: Unwrapping 2.1 (Photoshop)

3. Oberflächen als Bilddatei in Rendersoftware einfügen und auf Geometrien anpassen

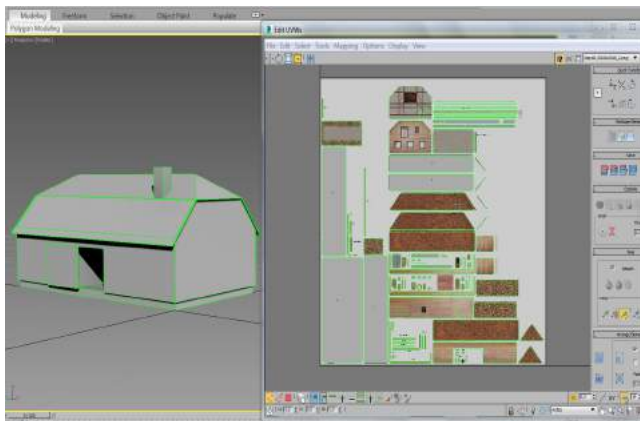


Bild 134: Unwrapping 3 (3ds max)

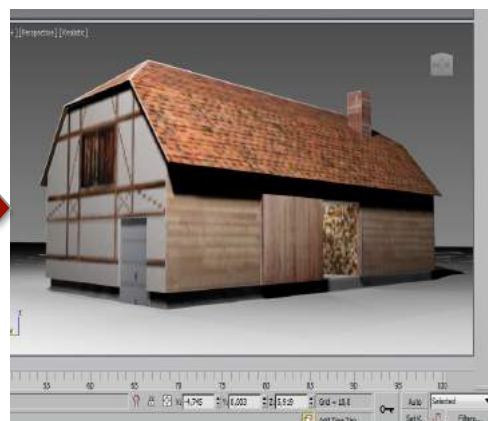


Bild 135: Unwrapping 3.1 (3ds max)

4.8 KACHELUNG

Oberflächen mit wiederkehrenden Mustern kommen in der Architekturvisualisierung relativ häufig vor, sei es für Bodenbeläge, Fassaden, Dachdeckungen und dergleichen. Anstatt dafür ein einzelnes passendes „Bitmap“ anzufertigen, das aller Wahrscheinlichkeit nach ziemlich groß ausfallen würde, verwendet man kleinere kachelbare Texturen. Grundvoraussetzung dafür sind Bilder, die beliebig oft aneinandergereiht werden können, ohne Bildkanten erahnen zu lassen. Der Übergang zwischen den einzelnen Kacheln soll nicht mehr erkennbar sein.¹⁰⁶

In Bildbearbeitungsprogrammen können kachelbare Oberflächenmaterialien erzeugt werden. Durch die unendliche Addierbarkeit dieser Bitmaps ist es möglich auch großflächige Geometrien zu bespielen.

4.8.1 Gegenüberstellung

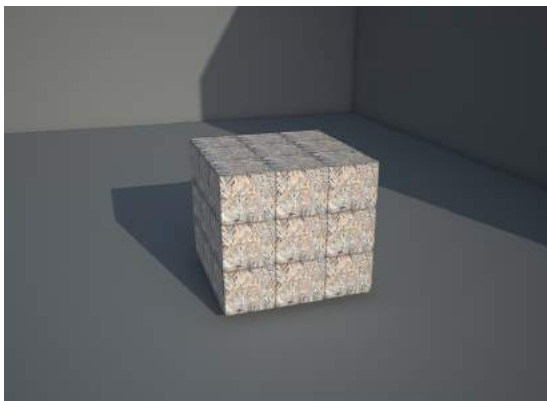


Bild 136: Kachelung sichtbar



Bild 137: Kachelung nicht sichtbar

¹⁰⁶ Vgl. Murat Bezel & Michael Kobzan: 3D-Rendering und Animation (Markt & Technik); 1996 S.390-393/Kapitel 4.4.2: Kacheln und Etiketten.

5 LICHT

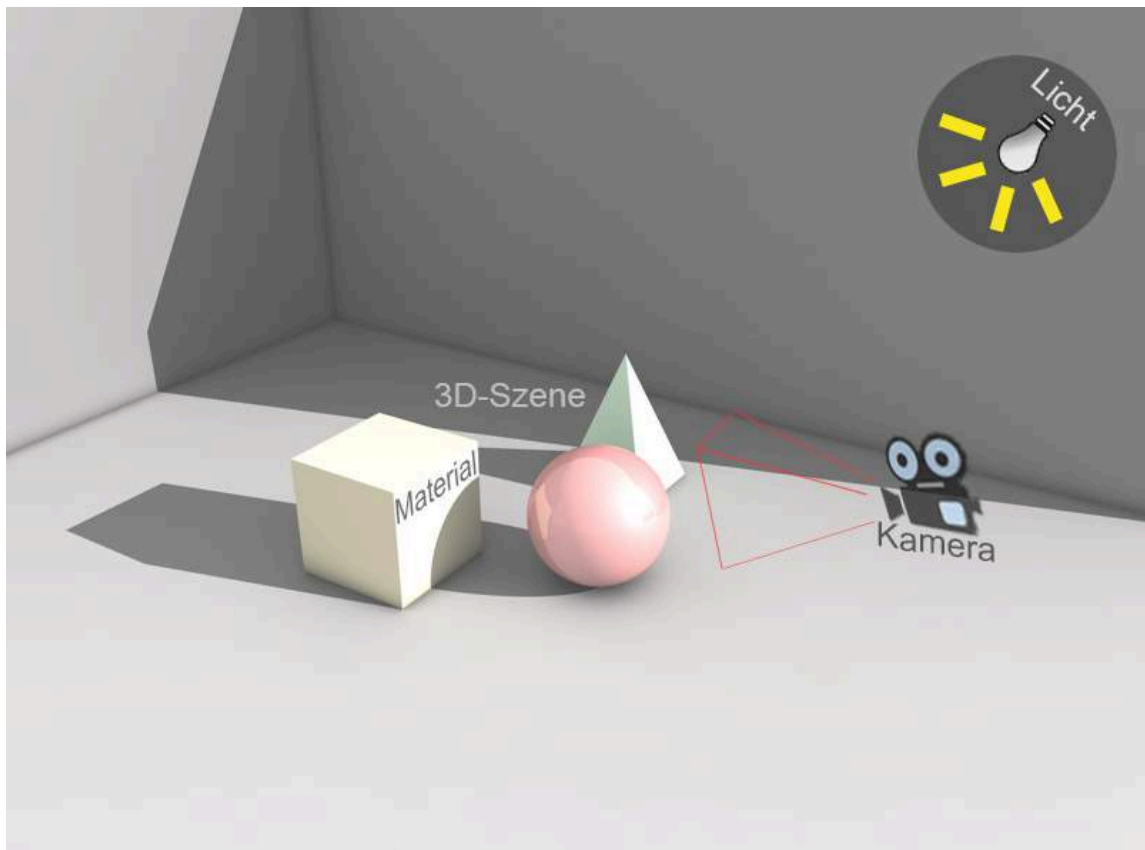


Bild 138: Übersichtsszene (Licht)

5.1 ALLGEMEIN

Der dritte bedeutende Faktor für die professionelle Umsetzung einer Architekturvisualisierung ist, neben Kamera und Material, der korrekte Einsatz von Lichtquellen. Wie in der Natur sind primär zwei wesentliche Belichtungsarten zu unterscheiden, zum einen das natürliche Sonnenlicht und zum anderen die künstliche Beleuchtung. Die Vielzahl an auswählbaren Lichtarten setzen durch die unterschiedlichen Funktionsweisen für einen optimalen Einsatz gewisses Knowhow und Erfahrung voraus. Dadurch, dass jede Szene anderen Vorgaben und Anforderungen folgt, ist es schwer, allgemeine Regeln für die Belichtung zu formulieren. Neben Innen-

oder Außenperspektiven haben auch Tageszeiten und Wetter eine direkte Auswirkung auf die Optionen, Art und Anzahl der Lichtquellen.

Zusätzlich spielen Parameter wie „Global Illumination“ eine wesentliche Rolle für eine realistischen Ausleuchtung einer Szene. Auch die Darstellung und Wirkung der Schattendarstellung ist von den Lichtparametern abhängig.

5.1.1 Außenszene

Für Visualisierungen, die hauptsächlich eine Gebäudehülle präsentieren wollen, werden normalerweise Außenrenderings erstellt. Dabei ist es von Bedeutung, sich vorher Gedanken über den Aufbau der Szene und Umgebung zu machen. Vor allem die Wahl der Tages- und Jahreszeit ist für die atmosphärische Wirkung ein zentraler Faktor und wirkt sich direkt auf die Abstimmung der eingesetzten Lichtquellen aus. Ein weiterer einflussreicher Parameter spielt das Wetter. Je nach Vorgabe können dadurch unterschiedliche Stilrichtungen von heiteren Sommertagen bis hin zu verschneiten Nachtszenen geschaffen werden.

Für den Aufbau einer natürlichen Außenbelichtung muss in erster Linie eine Sonnenlichtquelle erstellt werden. Ratsam dabei ist es, ein unendliches, paralleles Licht zu verwenden. Zwar wäre die Sonne korrekterweise ein Punktlicht, welches keine parallelen Strahlen aussendet, jedoch nehmen wir die Strahlen durch den großen Abstand der Sonne zur Erde als paralleles Licht wahr. Viele Renderprogramme bieten eigene Sonnenobjekte an, die in ihrer Funktionsweise nichts anderes als parallele, unendliche Lichtstrahlen sind. Die Darstellungen der Schatten sind parallel und gleichmäßig stark in der Intensität.

Neben der Belichtung durch die Sonne, spielt das Himmelslicht beziehungsweise Umgebungslicht eine wichtige Rolle. Ohne die indirekte Belichtung des Himmels würden wir in der Realität an bewölkten Tagen kaum etwas sehen. Auch hier stellen zeitgemäße Programme wieder eigene Himmelsobjekte zur Verfügung, die je nach Anforderungen an die Gegebenheiten angepasst werden können. Geübte Nutzer erstellen sich hingegen oft eigene Himmelskörper mithilfe einer Sphäre (Halbkugel), welche über die gesamte Szene gesetzt wird. Auf diesen halbkreisförmigen Körper wird anschließend eine selbstleuchtende 360-Grad-HDRI-Himmeltextur aufgebracht. Diese selbsterstellte Methode ist zwar etwas aufwendiger im Aufbau als ein programminterner Himmelskörper, jedoch verbleibt dafür die volle Kontrolle beim Ersteller.

5.1.2 Innenszene

Das Pendant zum Außenrendering bildet die Innenraumvisualisierung. Vor allem im Immobiliensektor ein immer häufiger genutztes Medium speziell für Publikationen und im Marketing. Bei geschickter Positionierung und Zusammensetzung von Lichtquellen im Raum können die Stärken eines Projektes gezielt in Szene gesetzt werden.

Um die Illustration realistisch wirken zu lassen, ist es von Bedeutung, die geeigneten Lichter einzusetzen. In der Regel sind Innenrenderings etwas komplexer, was die Abstimmung der unterschiedlichen Beleuchtungen betrifft. Sowohl natürliches Außen- und künstliches Innenlicht müssen je nach Szene miteinander harmonisieren, um dem Kunden einen natürlichen Eindruck zu vermitteln. In Innenräume spielt auch der Faktor des „Global Illumination“ eine verstärkte Rolle.

IES-Lichter

Unterschiedliche Lampenhersteller stellen auf ihren Homepages sogenannte „IES“-Lichter („Illuminating Engineering Society“) zur Verfügung, die als photometrische Lichtquellen in computergenerierte Szenen importiert werden können. Durch Miteinbeziehung physikalisch relevanter Parameter, sollen sie die realen Vorbilder im virtuellen Raum korrekt nachbilden. Dabei werden primär die Lichtfarbe, Intensität, Wellenlänge und Ausbreitungsverhalten der realen Vorlagen imitiert und als „ASCII“-Dateiformate abgespeichert. „IES“-Lichter funktionieren außerdem nach dem Prinzip der quadratischen Lichtabnahme und verlieren dadurch kontinuierlich an Intensität.¹⁰⁷

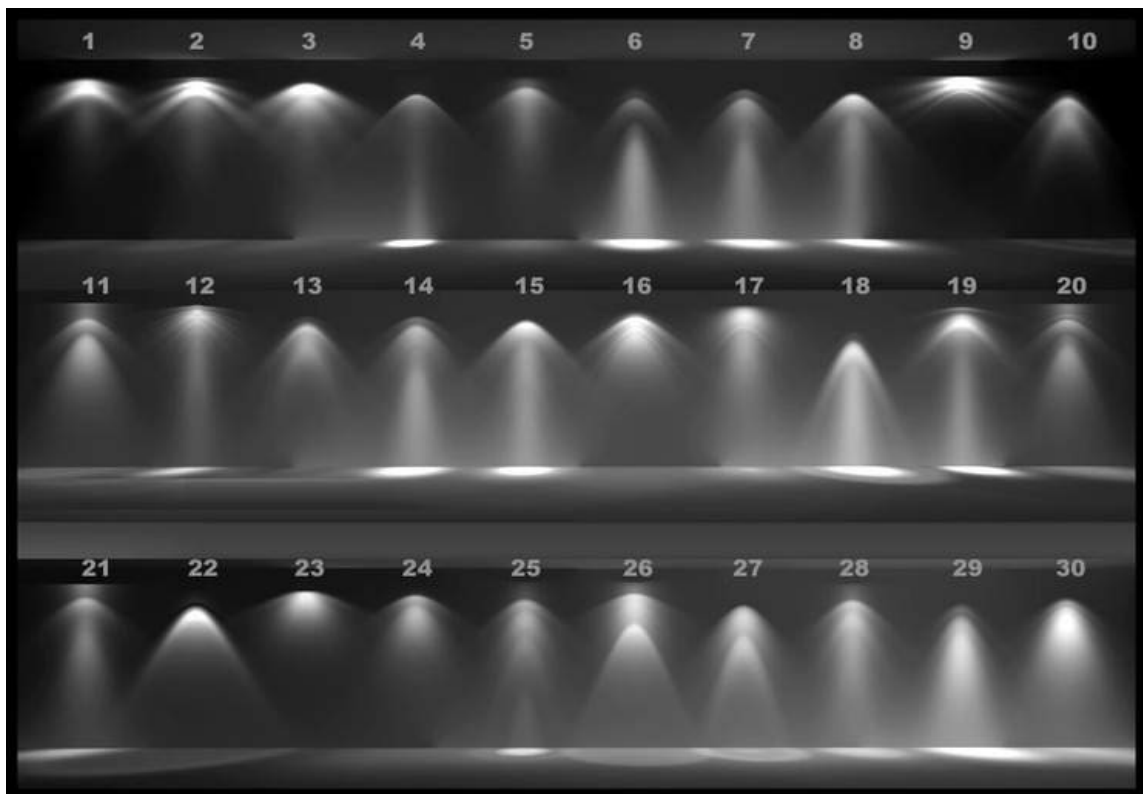


Bild 139: IES-Lichter

¹⁰⁷ Vgl. C4D-Tutorials.eu: Neu in Release 12 – IES-Lichter; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://www.c4d-tutorials.eu/2012/01/26/neu-in-release-12-ies-lichter/>.

5.2 LICHT – EINHEITEN

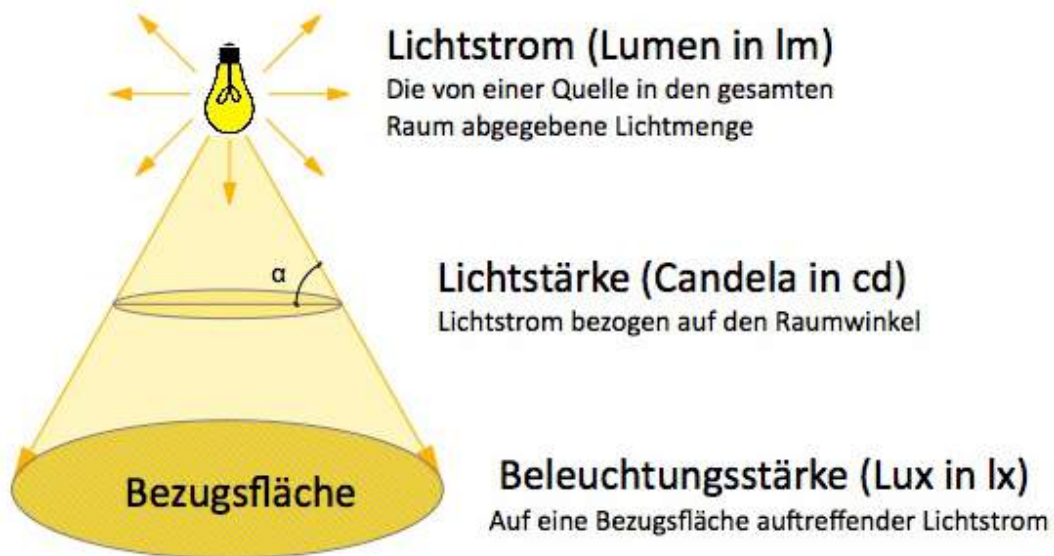


Bild 140: Lumen-Candela-Lux

Lichtstrom „Lumen“

Kennzeichnet die abgegebene Leistung an Licht in einer Sekunde.

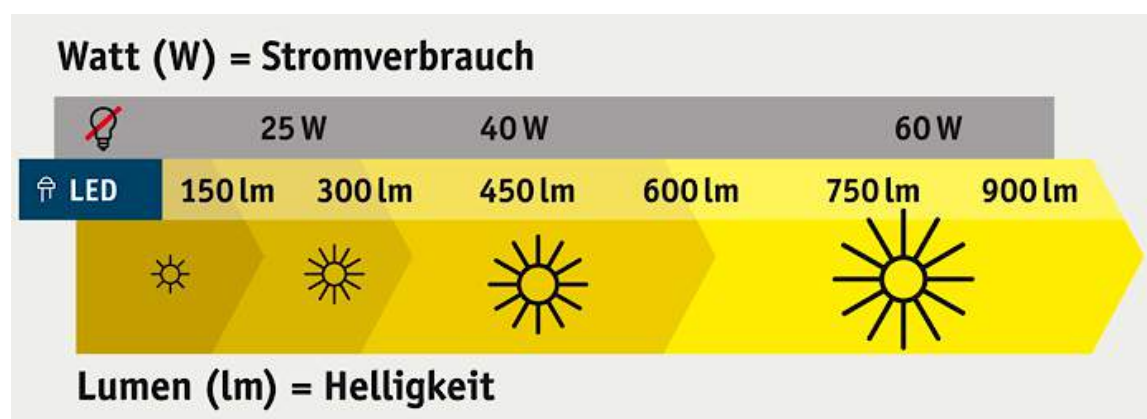


Bild 141: Lumen / Watt

Lichtstärke „Candela“

Kennzeichnet den in eine bestimmte Richtung ausgestrahlten Lichtstrom.¹⁰⁸

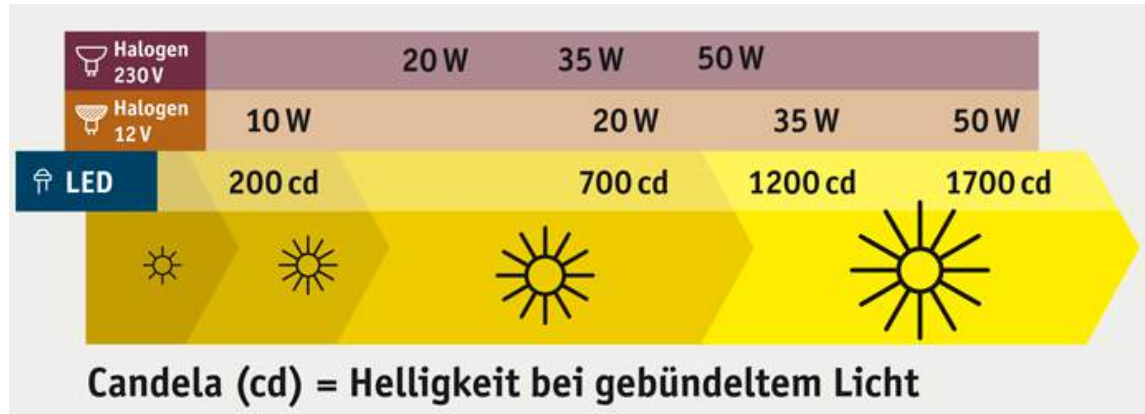


Bild 142: Candela / Watt

Beleuchtungsstärke „Lux“

Kennzeichnet den auf eine bestimmte Fläche ankommenden Lichtstrom.

Licht hat die Eigenschaft der Intensitätsabnahme. Das bedeutet eine Reduzierung der Beleuchtungsstärke mit dem Quadrat der Entfernung zur Lichtquelle. Die mittlere Beleuchtungsstärke einer Fläche wäre demnach: $Lux = Lumen / m^2$. Die Lichtintensität hingegen ist immer konstant.



Bild 143: Lux

¹⁰⁸ Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.4/Kapitel 1: Einige Einheiten für den Umgang mit Licht.

5.3 SCHATTEN

Verschattungen sind eine erheblicher Konstante für die dreidimensionale Wahrnehmung von Objekten. Zudem werden Abstände von Gegenständen zueinander erkennbar. Auch bei der Darstellung von Oberflächen spielen Verschattungen eine wichtige Rolle. Kontraste wirken intensiver und unterstreichen folglich die Wirkung von beispielsweise unebenen oder rauen Konturen.¹⁰⁹ Speziell das „Bump-Mapping“ nutzt die Wirkung der Schatten, um einen 3D-Effekt auf diverse Texturen zu simulieren, ohne dabei die Geometrie zu verändern. Auch „Ambient Occlusion“ nutzt eine spezielle Form der Verschattung, die speziell beim Kontakt verschiedener Körper ersichtlich wird.

Für die eigentliche Berechnung gibt es verschiedene Methoden, die je nach Realismusgrad unterschiedlich lange Renderzeiten verursachen. Gängige Visualisierungsprogramme wie etwa „Cinema 4D“ bieten drei Auswahlmöglichkeiten an, harte Schatten („Raytraced“), weiche Schatten („Shad.-Maps“) und Flächen-Schatten. Letztere sind am realsten, da sie einen kontinuierlichen Verlauf der Schattenintensität je nach Abstand zum Objekt erzeugen. Weiter entfernter Schlagschatten wirkt kontrastärmer und weicher als dem Objekt nahe liegende Schatten.

Die Schattendarstellung hängt natürlich auch von der eigentlichen Lichtquelle ab. In der Natur ist zu beobachten, dass weiter entfernte Lichter (Sonne) generell einen eher weichen, gleichmäßigen Schatten erzeugen. Direkte, starke Beleuchtung (Lampe) führt hingegen zu harten Schattenkanten, wobei bei kurzen Abständen von Licht zum Objekt ein meist ungleicher Verlauf der Schattendarstellung auftritt. Des Weiteren haben Lichtintensität und die physikalische Lichtabnahme, bei der die Lichtintensität quadratisch zum Abstand abnimmt, eine direkte Auswirkung auf die Verschattung.¹¹⁰

¹⁰⁹ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.103/Kapitel 4.6.1 Funktion von Licht und Schatten.

¹¹⁰ Vgl. ebda; S.107/Kapitel 4.6.3 Licht und Schatten.

Szenen beinhalten meist mehrere Lichtquellen, die unterschiedliche Funktionen erfüllen. Dabei ist es naturgemäß so, dass nur primäre Lichtquellen (Sonne, Lampen etc.) einen Schatten werfen. Indirekte Belichtung (Umgebungslicht) leuchtet zwar zusätzlich die Szene aus, erzeugt jedoch keine eigene Verschattung, hat allerdings einen Einfluss auf die Darstellung der Schatten.

5.3.1 Schattendarstellung

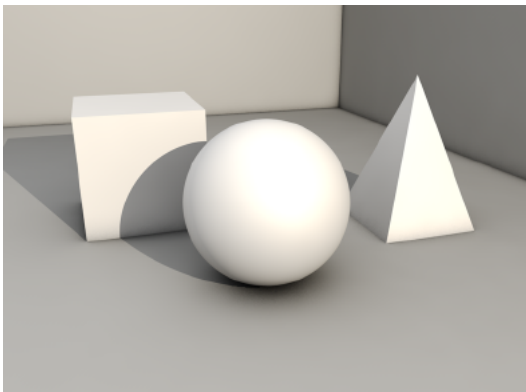


Bild 144: Harter Schatten

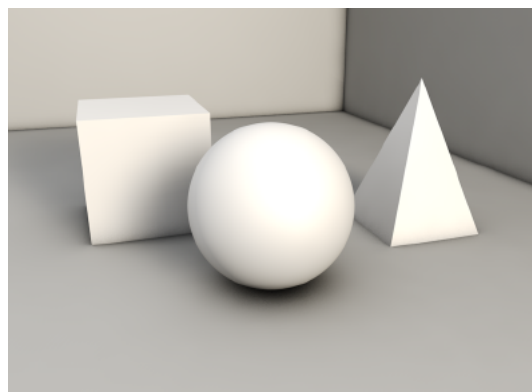


Bild 145: Weicher Schatten

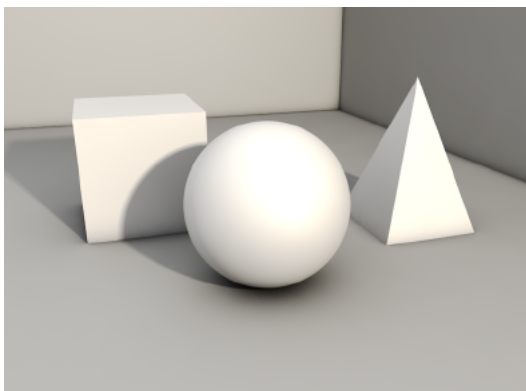


Bild 146: Flächenschatten

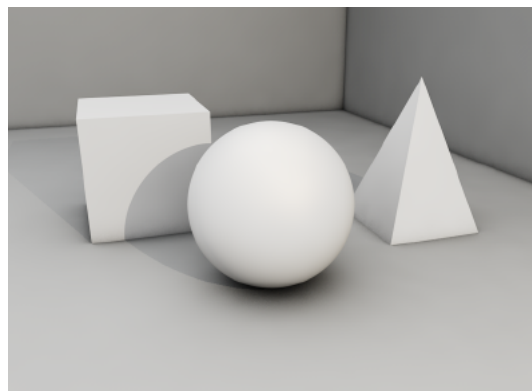


Bild 147: Verschattung durch Lichtabnahme

5.3.2 Schattenfarbe

Zusätzlich kann in den Optionen die Schattenfarbe vorgegeben werden. In der Regel führt die voreingestellte schwarze Farbe zu einem guten Resultat.

Bei Sonnenlicht wirken Schatten ein wenig bläulich. Dies liegt daran, dass die unmittelbaren gelblichen Sonnenstrahlen von den Objekten geblockt werden und im Schlagschatten nur noch indirektes kälteres Himmelslicht zu erkennen ist. In dieser Situation gibt es die Möglichkeit, direkt eine bläuliche Schattenfarbe einzustellen, oder man simuliert dies durch die Positionierung unterschiedlich farbiger Hilfslichter, wie einem primären gelblichen Sonnen- und einem sekundären bläulichen Himmelslicht.¹¹¹

5.4 SICHTBARES LICHT

In der Regel sind Lichtstrahlen in der Natur nicht sichtbar. Treffen diese allerdings auf Nebel, Rauch oder andere Partikel in der Luft, werden die einzelnen Strahlen erkennbar. Auch unter Wasser wird Licht sichtbar. Grund dafür sind die Reflektionen des Lichtes zwischen den Partikeln.¹¹² Das „Volumenlicht“ ist in der Architekturvisualisierung ein beliebtes Stilmittel, um Atmosphäre zu schaffen.

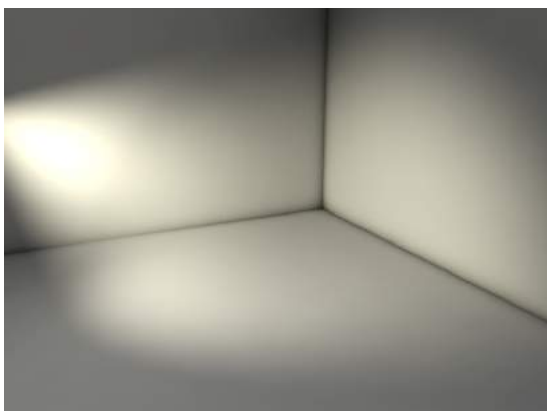


Bild 148: Licht mit Volumen

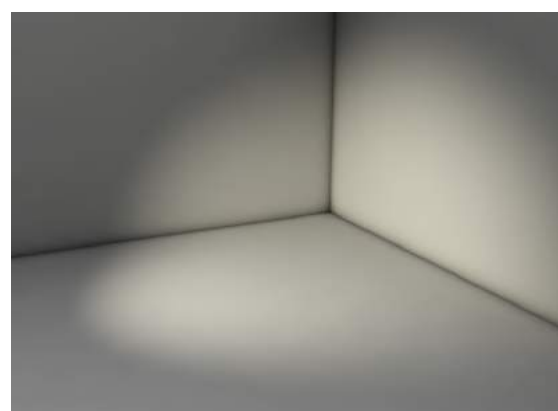


Bild 149: Licht ohne Volumen

¹¹¹ Vgl. ebda; S.108/Kapitel 4.6.3 Licht und Schatten.

¹¹² Vgl. ebda; S.107/Kapitel 4.6.3 Licht und Schatten.

5.5 LICHTFARBE/FILTER

Je nach Tageszeit hat natürliches Licht eine andere Färbung. Sonnenaufgänge beziehungsweise Sonnenuntergänge haben einen gewissen Rotstich, während zur Mittagszeit eher bläuliche Töne dominieren. Grund für diese unterschiedlichen Lichttemperaturen ist die Art wie Licht in der Atmosphäre gestreut wird. Sonnenlicht besitzt alle Farben des Regenbogens, trotzdem sind je nach Tageszeit nur bestimmte Farbtöne wahrzunehmen. Dies liegt an den unterschiedlichen Welllängen der ankommenden Lichtstrahlen. Zur Mittagszeit hat das Licht den direktesten Weg durch die Atmosphäre, wobei kurzwelliges, blaues Licht im Gegensatz zu langwelligem, rötlichem Licht intensiver gestreut wird. Sonnenstrahlen am Vormittag und Abend legen einen weiteren Weg durch diese Partikel in der Atmosphäre zurück wobei kurzwelliges, blaues Licht gefiltert wird und vermehrt langwellige, rote Strahlen gestreut werden. Daher erscheint der Himmel tagsüber bläulich und vormittags beziehungsweise abends rötlich.¹¹³



Bild 150: Morgenröte / Tageslicht

¹¹³ Vgl. WeltDerPhysik.de: Artikel: „Wie entsteht Himmelsblau und Abendrot“; 14.10.2016; Zugriff unter: <http://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/klima-und-wetter/himmelsblau-und-abendrot/>.

Auch Wetter, Jahreszeit und Lage sind zusätzliche Einflussfaktoren für die Lichttemperatur. Künstliche Lichter haben je nach Art und Hersteller wieder andere Färbungen/Temperaturen. Sie besitzen in der Regel eine niedrigere Farbtemperatur und erscheinen daher wärmer als natürliches Tagessonnenlicht. Die Einheit für diese Lichttemperatur ist Grad Kelvin.¹¹⁴



Bild 151: Lichttemperatur in °Kelvin

Die meisten Renderprogramme definieren diese Wärme über den „RGB-Farbencode“, deshalb ist die Bezeichnung der Lichtfarbe treffender. Standardgemäß ist in der Software die Lichtfarbe auf weiß voreingestellt, kann aber je nach Vorgabe angepasst werden. Zusätzlich können in den Lichtoptionen noch weitere Einstellungen vorgenommen werden. Drei wesentliche Parameter für die Außenbelichtung (Sonne) sind „Turbidity“, „Ozone“ und „Size Multiplier“.

Ersteres steht für die Trübung (Undurchsichtigkeit) der Atmosphäre und steuert somit die Farbe der Sonnen- und Himmelsbeleuchtung. Höhere Werte simulieren mehr Partikeln in der Atmosphäre, was zu einem rötlicheren Sonnenlicht führt. „Ozone“ steuert ebenso die Farbe des Lichtes, jedoch unabhängig von der Partikeldichte.

¹¹⁴ Vgl. Markus Kuhlo & Enrico Eggert: Architektur-Renderings mit 3Ds Max und V-Ray (Addison-Wesley); 2009; S.9/Kapitel 1: Lichtfarbe und ihre Wirkung.

Der „Size Multiplier“ steuert die Größe der Lichtquelle. Er ist ein wichtiger Einflussfaktor für die Schattendarstellung durch das Sonnenlicht. Höhere Werte erzeugen weichere Kantenverläufe.

5.5.1 Lichtfarbe

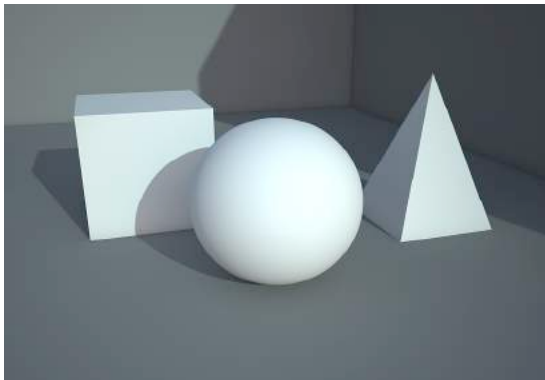


Bild 152: Filter Blau

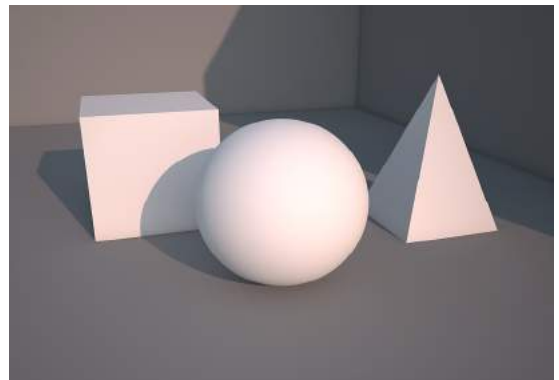


Bild 153: Filter Rot

5.5.2 Sonnenfarben

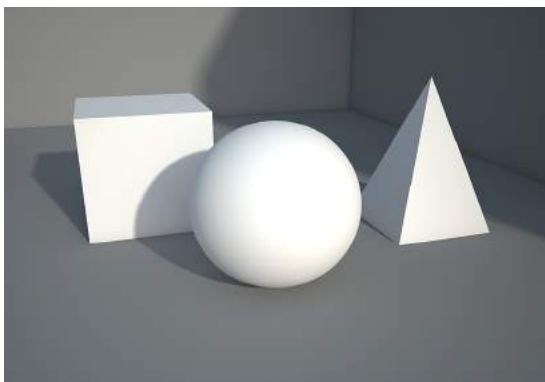


Bild 154: Turbidity 3; Ozone 2; Size Mul. 4

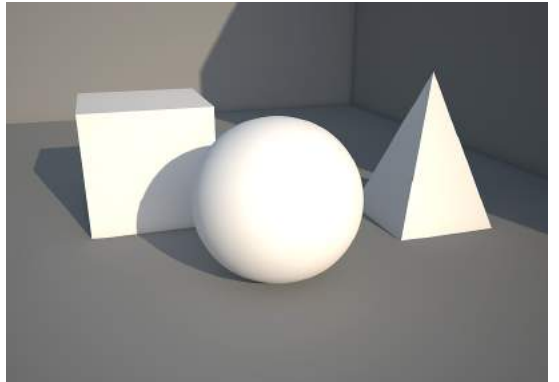


Bild 155: Turbidity 4; Ozone 1; Size Mil. 1

5.6 LICHTARTEN

5.6.1 Punktlicht (Omni Light)

Punktlichter haben einen zentralen Ursprung, von dem aus alle Lichtstrahlen weggehen und in jede Richtungen gleichmäßig gestreut werden. Am ehesten ist ein Punktlicht mit einer Glühbirne vergleichbar und findet folglich in digitalen Architekturszenen als künstliches Licht Anwendung. Für eine realistische Darstellung sollte der Effekt der quadratischen Intensitätsabnahme aktiviert werden. Dabei verliert das Licht kontinuierlich an Wirkungsstärke je weiter die Distanz zur Quelle ist. Die Schatten verlaufen nicht parallel und wirken in der Regel bei nicht zu weiten Abständen von den Objekten zur Lichtquelle eher scharfkantig. Je weiter ein Schatten geworfen wird, desto weniger intensiv ist die Schattendichte. Die Wirkungsstärke nimmt mit der Distanz zum Objekt somit ab.¹¹⁵

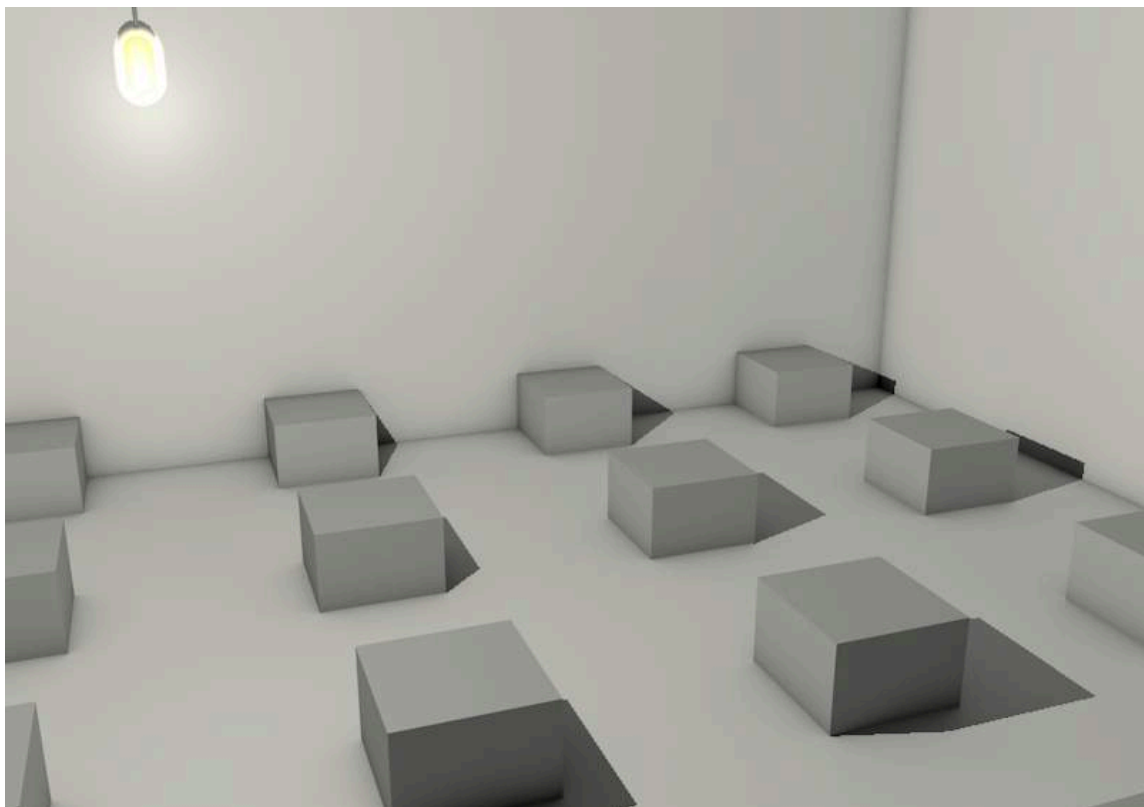


Bild 156: Punktlicht

¹¹⁵ Vgl. Marco Hemmerling & Anke Tiggemann: Digitales Entwerfen (UTB-Architektur); 2009; S.105/Kapitel 4.6.2 Lichtquellen/Punktlicht

5.6.2 Spotlicht (Spot Light)

Ähnlich dem Punktlicht entspringen auch hier die Lichtstrahlen einem zentralen Punkt. Anders ist hingegen die Art der Lichtausbreitung. Beim Spotlicht breiten sich die Strahlen kegelförmig im Raum aus. Dabei können viele Parameter manuell gesteuert werden, wie etwa der Lichtöffnungswinkel, die Weichheit der Lichtaußenkanten oder die Intensität. Zusätzlich können Zielobjekte ausgewählt werden auf denen das Spotlicht ausgerichtet wird. Ähnlich dem Punktlicht ist auch hier die Schattendarstellung bei kurzen Distanzen zur Lichtquelle scharfkantig. Die Kantenverläufe der Schatten sind beim Spotlicht nicht parallel. Die Schattendichte ist nahe den schattenwerfenden Objekten größer und nimmt kontinuierlich mit dem Abstand zu diesen ab.¹¹⁶

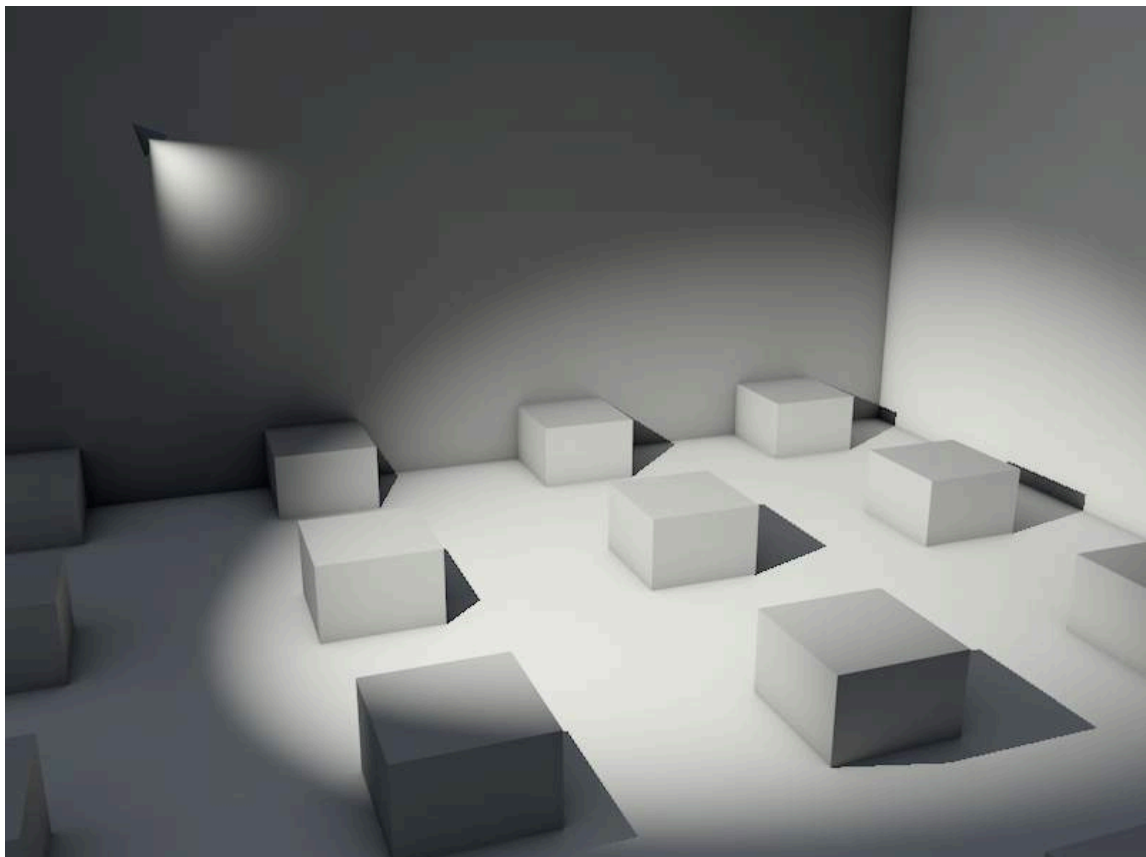


Bild 157: Spotlicht

¹¹⁶ Vgl. ebda; S.105/Kapitel 4.6.2 Lichtquellen/Spotlicht

5.6.3 Flächenlicht (Area Light)

Beim „Area Light“ werden von einer vordefinierten Fläche aus Lichtstrahlen in alle Richtungen diffus ausgestrahlt. Vergleichbar ist ein Flächenlicht mit einem Computer- oder TV-Bildschirm. Ändert sich die Größe dieser Ebene hat das direkte Auswirkungen auf die Belichtung. Die Geometrie der Lichtquelle kann unter den Optionen von einer ebenen Fläche (Rechteck, Quadrat, Kreis etc.) zu einer Kugel („Sphere“) oder Halbkugel („Dome“) umgeformt werden. Vor allem texturierte „Domes“ werden gerne als alternatives Himmelsobjekt eingesetzt. Schattenverläufe wirken im Vergleich zu Punkt- und Spotlichtern in der Regel weicher und weniger dicht. Die finale Schattendarstellung hängt allerdings primär von der Intensität und der Distanz der Lichtquelle zu den Objekten ab.¹¹⁷

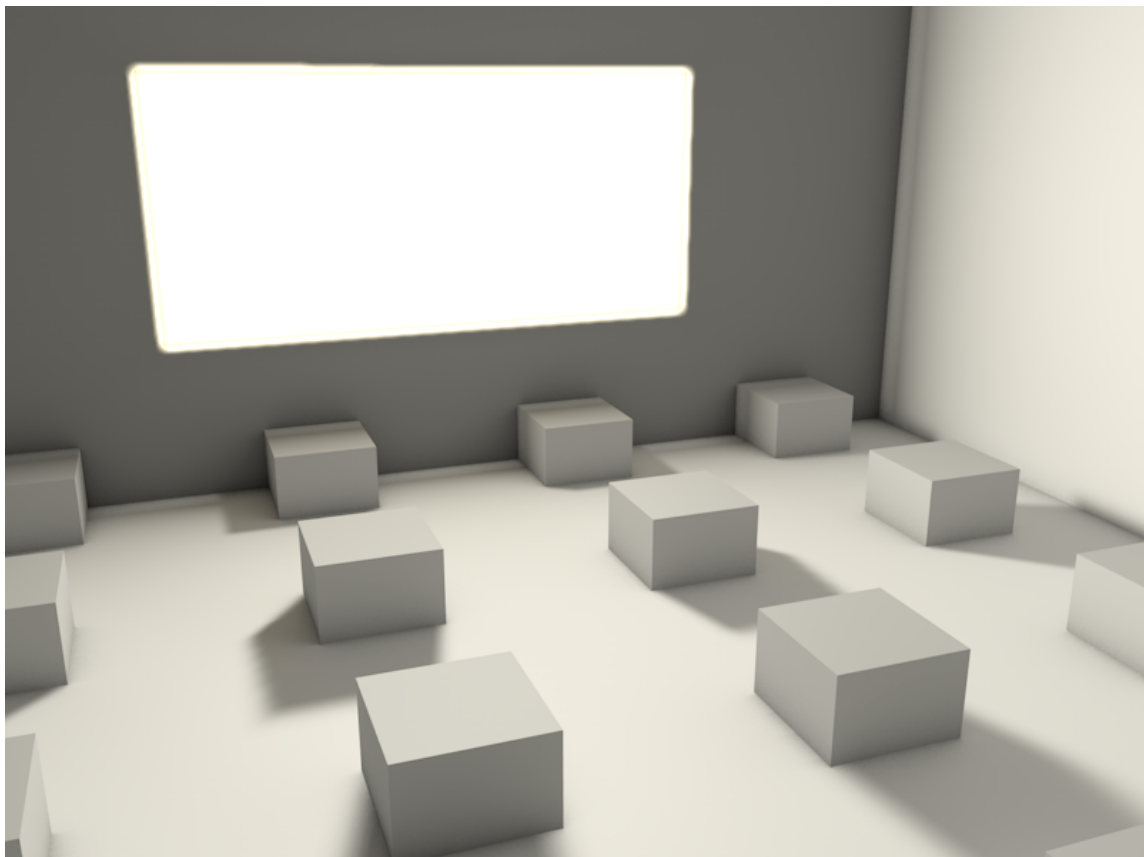


Bild 158: Flächenlicht

¹¹⁷ Vgl. ebda; S.105/Kapitel 4.6.2 Lichtquellen/Flächenlicht

5.6.4 Unendliches Licht (Infinite Light)

Das unendliche Licht simuliert weit entfernte Lichtquellen wie etwa die Sonne. Dabei werden die Strahlen parallel und ohne Intensitätsabnahme dargestellt. Das „Infinite Light“ beleuchtet alle Objekte unter gleichem Winkel und erzeugt somit parallele und sanfte Schattenverläufe. Durch die weite Distanz des Lichtes zu den Objekten wirken die Schatten gleichmäßig dicht. Die Darstellung der Schattenkanten wirken, je weiter sie vom schattenwerfenden Objekt entfernt sind, weicher.¹¹⁸

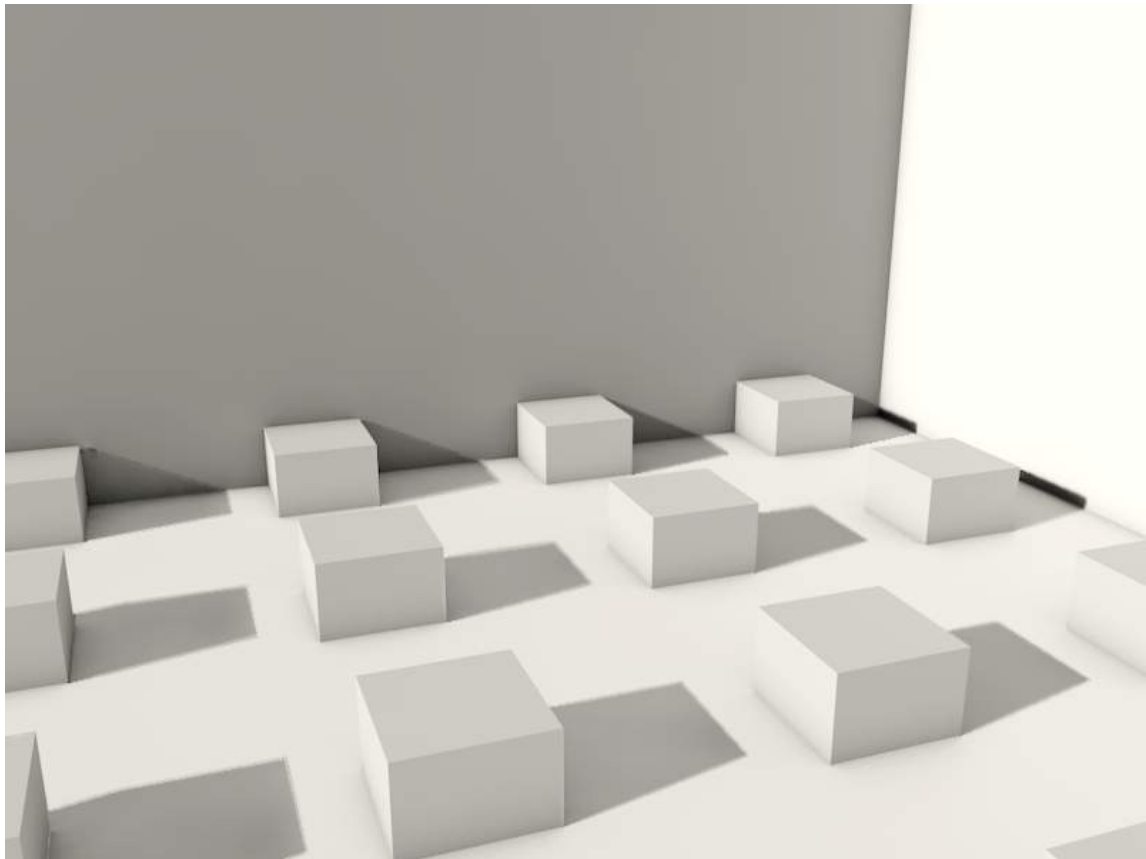


Bild 159: Unendliches Licht

¹¹⁸ Vgl. ebda; S.105/Kapitel 4.6.2 Lichtquellen/Distanzlicht

5.6.5 Paralleles Licht (Parallel Light)

Ähnlich wie beim unendlichen Licht werden ausschließlich parallele Lichtstrahlen ausgestrahlt. Sie weisen somit die Eigenschaften einer weit entfernten Lichtquelle auf. Der Ursprung und die Weite der meist zylinderförmigen Quelle kann dabei angepasst werden. Schatten werden ebenfalls parallel dargestellt. Die Gleichmäßigkeit der Schattendichte ist vom Abstand der Lichtquelle zu den Objekten abhängig. Je größer die Distanz ausfällt, desto gleichmäßiger sind die Verschattungen in der Szene.¹¹⁹

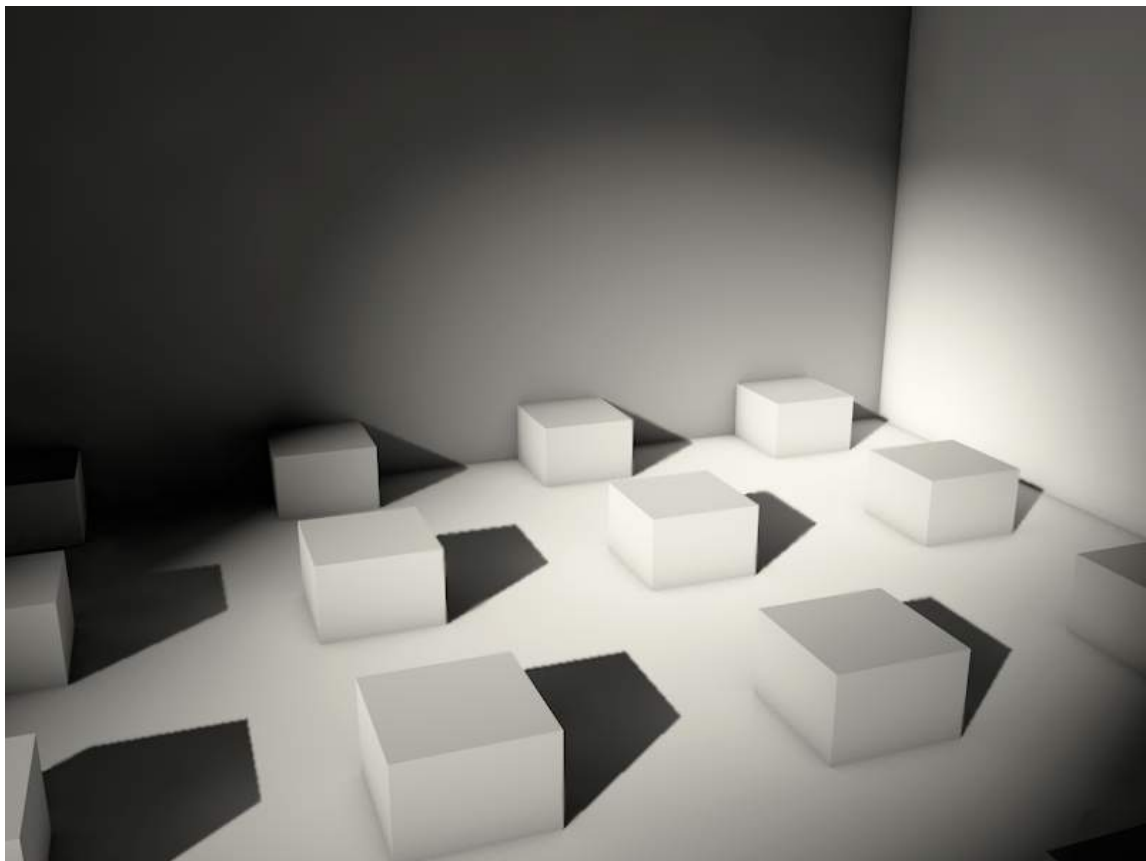


Bild 160: Paralleles Licht

¹¹⁹ Vgl. ebda;

5.6.6 Umgebungslicht (Ambient Light)

Das Umgebungslicht ist gleichzusetzen mit einer indirekten, sekundären Lichtquelle wie etwa dem Himmelslicht. Es hat keine Ausrichtung und wird in der Szene gleichmäßig diffus gestreut. Eigene Schatten erzeugt das „Ambient Light“ nicht. Auf die Form der durch die primären Lichtquellen erzeugen Verschattungen, hat das Umgebungslicht keine direkte Auswirkung, jedoch auf die Intensität und Farbe der Schattendarstellung. Zeitgemäße Renderprogramme bieten mittlerweile eigene Himmelsobjekte an, die wie ein „Dome“ (Halbkugel) über die Szenen gesetzt werden und dabei für eine diffuse Umgebungsbeleuchtung sorgen. Diese „Domes“ werden in der Regel mit selbstleuchtenden „HDR-Images“ texturiert.¹²⁰

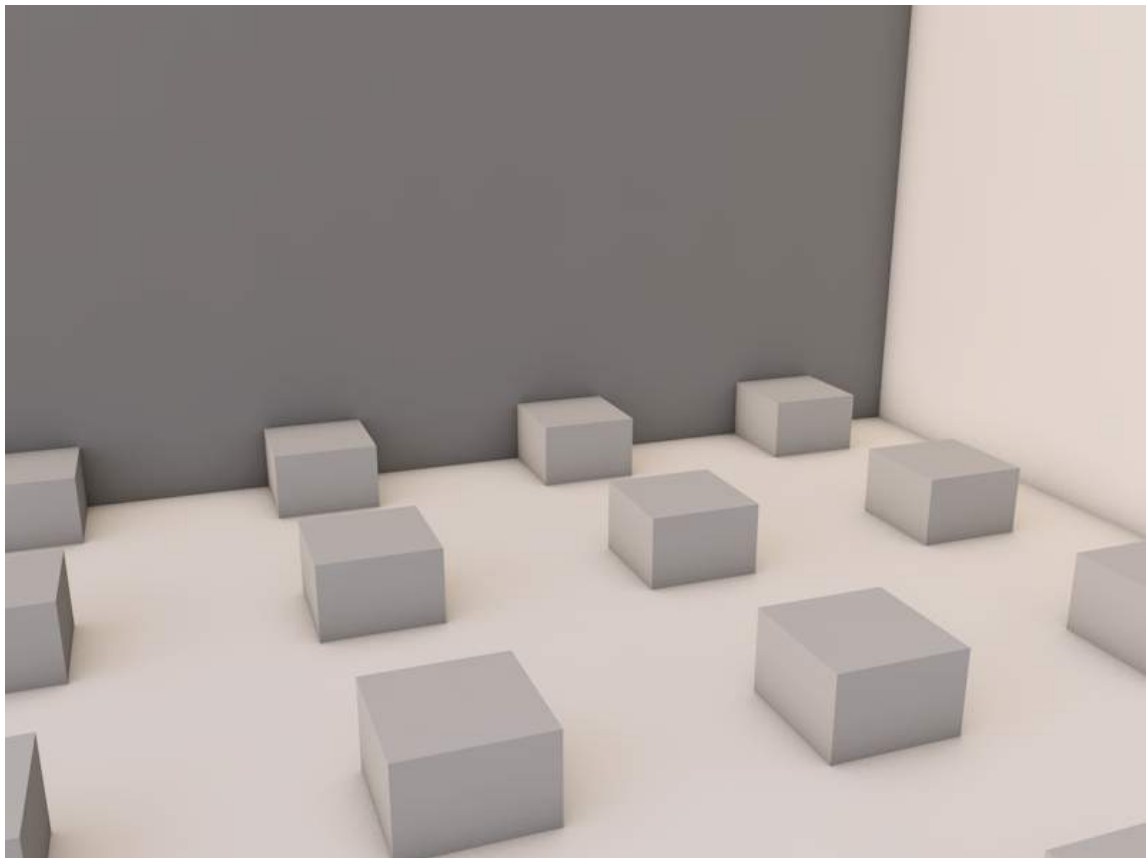


Bild 161: Umgebungslicht

¹²⁰ Vgl. ebda; S.105/Kapitel 4.6.2 Lichtquellen/Umgebungslicht

6 CONCLUSIO

Die Aufgabenbereiche der Architektur sind in den letzten Jahren immer vielfältiger und komplexer geworden. Vor allem die Form der Darstellung und Präsentation von Projekten entwickelt sich ständig weiter und erfordert daher ein bestimmtes Interesse an digitalen Medien. Um Architektur gekonnt in Szene zu setzen, bedarf es eines gewissen theoretischen Fachwissens, denn nur so können renderspezifische Vorgehensweisen verstanden und gekonnt angewendet werden.

Diese Diplomarbeit soll einen Überblick über die unterschiedlichen Themengebiete geben, die für eine professionelle Visualisierung von Nöten sind. Vor allem der richtige Umgang mit Kamera, Material und Licht in Bezug auf die Architekturillustration ist essentiell und erfordert ein fachliches Grundverständnis. Zusätzlich werden allgemeine Begriffe und Funktionsweisen der Computergrafik und deren Auswirkungen auf die Erstellung der sogenannten Renderings erläutert.

Eine geschichtliche Aufarbeitung der einzelnen Phasen und Stile von einfacher Skizze bis hin zu digitalen Visualisierungen zeigt sowohl die Entwicklung als auch die daraus resultierende künstlerische Vielfalt auf. Die Möglichkeiten Architektur grafisch darzustellen, haben sich parallel zur Entwicklung spezifischer Software stetig erweitert und sind mittlerweile zu einem eigenen Fachgebiet geworden.

Auch wenn professionelle Renderings in ihrer Erstellung noch relativ aufwendig sind und daher auch von einigen kritisch betrachtet werden, sind sie dennoch vor allem im Bereich der Architektur zu einem unverzichtbaren Mittel geworden, das einen Blick in die geplante Zukunft ermöglicht.

7 DANKSAGUNG

Ich möchte mich bei all meinen Freunden und Verwandten bedanken, die mich auf dem Weg meines Studiums begleitet haben und stets ein offenes Ohr für mich hatten.

Ich bedanke mich bei meinen Betreuern und Prüfern, die mir stets mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind, sowie den Studienkollegen, die mir bei meiner Diplomarbeit geholfen haben.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir durch ihre Unterstützung das Studium ermöglicht haben.

Vielen Dank auch an meine Schwester, die mir viele nützliche Tipps im Laufe meines Studiums mit auf den Weg gegeben hat und außerdem meine Diplomarbeit auf sprachliche Fehler untersucht hat.

Herzlich möchte ich mich auch bei Tine bedanken, die mich immer in all meinen Vorhaben unterstützt hat.

8 LEBENSLAUF

Persönliche Daten

Name	Andreas Kneidinger
Anschrift	Pfeilgasse 4-6 (Zi. 111); 1080 Wien
Tel.:	+43 660/25 52 521
Email	andreas_kneidinger@gmx.at
Geburtsdatum/Ort	10.04.1990, Linz
Staatsangehörigkeit	Österreich



Schulausbildung

2014 - 2016	TU Wien Architektur (Master) (Abschluss November 2016)
2010 - 2014	TU Wien Architektur (Bachelor) (Abschluss April 2014)
2004 - 2009	HTL Goethe für Bau und Design in Linz
2000 - 2004	Hauptschule Ottensheim
1996 - 2000	Volksschule Ottensheim

Berufserfahrung

Sommer 2016	Ferialpraktikum Architekturbüro „TWO IN A BOX-Architekten“, Ottensheim (OÖ) Mithilfe bei diversen planerischen Tätigkeiten (Zeichnen von Einreichplänen, Polierplänen & Details)
Sommer 2014 bis dato	Freiberufliche Planungstätigkeiten für „Thomas Zellinger Immobilien Loft GmbH“ Um- bzw. Neubau von zwei Bestehenden Gebäudetrakten im Zentrum von Linz. - Bestandsanalyse - Vorentwurfsplanung - Entwurfsplanung für Gestaltungsbeirat - Einreichplanung - Technische Beratung
Sommer 2012	Ferialpraktikum Architekturbüro „Die Baugruppe“, Ottensheim (OÖ) Mithilfe bei diversen planerischen Tätigkeiten (Zeichnen von Einreichplänen, Polierplänen & Details)

Sommer 2009- 11	Zivildienster Seniorenheim, Walding (OÖ)
Sommer 2007	Ferialpraktikum Architekturbüro Weismann, Linz Mithilfe bei diversen planerischen Tätigkeiten (Zeichnen von Einreichplänen, Polierplänen & Details)
Sommer 2006	Ferialpraktikum Bauhof Gemeinde Ottensheim (OÖ) Mithilfe bei diversen ausführungstechnischen Tätigkeiten
Sommer 2005	Ferialpraktikum „Priesner Bau GmbH“, Ottensheim (OÖ) Mithilfe bei diversen ausführungstechnischen Tätigkeiten auf der Baustelle

Fähigkeiten / Kenntnisse

EDV	Betriebssysteme Microsoft Windows , Apple Macintosh OS X Microsoft Office Word, PowerPoint, Excel Zeichenprogramme ArchiCAD, AutoCAD, Artlantis, Sketchup, Rhino, Cinema 4D, V-Ray Adobe Programme Photoshop, Indesign, Illustrator
Führerschein	B
Sprachen	Deutsch (Muttersprache) Englisch (Cambridge Certificate I)

Auszeichnung

Studentenwettbewerb	Großes Entwerfen „Linzer Lüft'l“ WS 2014/15 Institut E253 Architektur & Entwerfen Auszeichnung zum Siegerprojekt durch Ao.Univ.Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr.techn. Bob Martens
---------------------	--

Hobbies

Musik
Reisen
Sport (Beachvolleyball, Unihockey)

9 QUELLENVERZEICHNIS

9.1 LITERATUR

ASANGER ANDREAS: CINEMA 4D 12 – DAS PRAXISBUCH ZUM LERNEN UND NACHSCHLAGEN; VERLAG GALILEO DESIGN (BONN); 2011

BEZEL MURAT & KOBZAN MICHAEL: 3D-RENDERING UND ANIMATION; VERLAG MARKT & TECHNIK (BURGTHANN); 1996

FISCHER SVEN: GRAFIKFORMATE – GE-PACKT; VERLAG MITP (FRECHEN); 2001

HEMMERLING MARCO & TIGGEMANN ANKE: DIGITALES ENTWERFEN; VERLAG UTB-ARCHITEKTUR (STUTTGART); 2009

KAJIYA JAMES T.: THE RENDER EQUATION; 1986

KONTKANEN JANNE & LAINE SAMULI: AMBIENT OCCLUSION FIELDS; SEMINARARBEIT (HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY); 2008

KUHLO MARKUS & EGGERT ENRICO: ARCHITEKTUR - RENDERINGS MIT 3DS MAX UND V-RAY-FOTOREALISTISCHE ARCHITEKTUR-VISUALISIERUNG; VERLAG ADDISON-WESLEY (MÜNCHEN); 2009

MACH RÜDIGER: 3D VISUALISIERUNG – OPTIMALE ERGEBNISPRÄSENTATION MIT AUTOCAD UND 3DS STUDIO MAX; VERLAG GALILEO (BONN); 2016

MAUS HELGE: EINSTIEG IN CINEMA 4D 11 – 3D-MODELLING, TEXTURING UND ANIMATION; VERLAG GALILEO DESIGN (BONN); 2009

MÜLLER STEFAN: AMBIENT OCCLUSION ZWISCHEN SICH FREI BEWEGENDEN STARRKÖRPERN MITTELS COHERENT SHADOW MAPS; DIPLOMARBEIT (UNIVERSITÄT KOBLENZ LANDAU); 2008

PÄSSLER MANUEL: RENDERING – EIN KURZER ÜBERBLICK; FACHSEMINAR HOCHSCHULE RHEIN-MAIN; WS 2009/10

SONDERMANN HORST: PHOTOSHOP IN DER ARCHITEKTURGRAFIK; VERLAG SPRINGERWIENNEWYORK (HEIDELBERG); 2008

SONDERMANN HORST: CINEMA 4D – TIPPS UND TRICKS FÜR DIE ARCHITEKTURVISUALISIERUNG; VERLAG
SPRINGERWIENNEWYORK (HEIDELBERG); 2010

SWICZINSKY NANA: DIGITALE ILLUSTRATION – SCHRITT FÜR SCHRITT ZUR PERFEKTEN ZEICHNUNG; VERLAG GALILEO DESIGN
(BONN); 2015

TÖNNIES K.D. & LEMKE H.U.: 3D-COMPUTERGRAFISCHE DARSTELLUNG; VERLAG OLDENBOURG (BERLIN); 1994

9.2 INTERNET

THEMA: ARCHITEKTURDARSTELLUNG

[HTTP://WWW.ARCHITEKT-LASSON.DE/ADE/ARCHIVE/TAG/ARCHITEKTURDARSTELLUNG](http://www.architekt-lasson.de/ade/archive/tag/architekturdarstellung)

(ARCHITEKT-LASSON: „ARCHITEKTURDARSTELLUNG“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

THEMA: COMPUTERGRAFIK

[HTTP://PTGMEDIA.PEARSONCMG.COM/IMAGES/9780321399526/SAMPLEPAGES/0321399528.PDF](http://ptgmedia.pearsoncmg.com/images/9780321399526/samplepages/0321399528.pdf)

(HUGHES, VAN DAM, MCGUIRE, SKLAR, FOLEY, FEINER, AKELEY: „COMPUTER GRAFICS 3RD EDITION“;
LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTPS://LUMINOUS-LANDSCAPE.COM/UNDERSTANDING-RAW-FILES-EXPLAINED/](https://luminous-landscape.com/understanding-raw-files-explained/)

(REICHMANN MICHAEL: „UNDERSTANDING RAW FILES EXPLAINED“ (2011); ZUGLETZTER ZUGRIFF
AM 14.10.2016)

THEMA: ANTIALIASING

[HTTP://WWW.GIGA.DE/EXTRA/SCHNELL-UND-EINFACH/VIDEOS/SCHNELL-UND-EINFACH-ANTI-ALIASING-ERKLAERT/](http://www.giga.de/extra/schnell-und-einfach/videos/schnell-und-einfach-anti-aliasing-erklaert/)

(GIGA: „ANTIALIASING“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/RENDER-SETTINGS/ANTIALIASING/ANTIALIASING-EXAMPLES/](http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/render-settings/antialiasing/antialiasing-examples/)

(VRAYC4D: „RENDER-SETTINGS / ANTIALIASING“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

THEMA: COLOR MAPPING

[HTTP://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/COLOR+MAPPING](http://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/color+mapping)

(CHAOSGROUP: „COLOR-MAPPING“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTPS://WWW.DARKTABLE.ORG/2013/04/COLOR-MAPPING/](https://www.darktable.org/2013/04/color-mapping/)

(DARKTABLE: „COLOR-MAPPING“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTPS://WWW.VRAY.COM/VRAY_FOR_3DS_MAX/MANUAL/VRAY_FOR_3DS_MAX_COLOR_MAPPING.SHTML](https://www.vray.com/vray_for_3ds_max/manual/vray_for_3ds_max_color_mapping.shtml)

(VRAY: „MANUAL / COLOR-MAPPING“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/RENDER-SETTINGS/COLOR-MAPPING/](http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/render-settings/color-mapping/)

(VRAYC4D: „RENDER-SETTINGS / COLOR-MAPPING“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=WM-MF9KPTbU](https://www.youtube.com/watch?v=WM-MF9KPTbU)

(YOUTUBE: „COLOR-MAPPING“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

THEMA: AMBIENT OCCLUSION

[HTTP://HTTP.DOWNLOAD.NVIDIA.COM/DEVELOPER/GPU_GEMS_2/GPU_GEMS2_CH14.PDF](http://http.download.nvidia.com/developer/gpu_gems_2/gpu_gems2_ch14.pdf)

(BUNNELL MICHAEL: „DYNAMIC AMBIENT OCCLUSION“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTPS://SANTISANCHEZ28.WORDPRESS.COM/2011/07/16/AMBIENT-OCCLUSION-2/](https://santisanchez28.wordpress.com/2011/07/16/ambient-occlusion-2/)

(SANCHEZ SANTIAGO: „AMBIENT OCCLUSION“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

THEMA: GLOBAL ILLUMINATION

[HTTP://WWW.C4D-TUTORIALS.EU/2014/12/26/SZENENGESTALTUNG-UND-RENDERING-DIE-RENDERVOREINSTELLUNGEN-DIE-EFFEKTE-2-GLOBAL-ILLUMINATION/](http://www.c4d-tutorials.eu/2014/12/26/szenengestaltung-und-rendering-die-rendervoreinstellungen-die-effekte-2-global-illumination/)

(C4D-TUTORIALS: „GLOBAL ILLUMINATION“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/INDIRECT+ILLUMINATION](http://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/indirect+illumination)

(CHAOSGROUP: „INDIRECT ILLUMINATION“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/BRUTE+FORCE+GI](http://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/brute+force+gi)

(CHAOSGROUP: „BRUTE FORCE“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IRRADIANCE+MAP](http://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/irradiance+map)

(CHAOSGROUP: „IRRADIANCE MAP“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/GLOBAL+PHOTON+MAP](http://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/global+photon+map)

(CHAOSGROUP: „GLOBAL PHOTON MAP“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/LIGHT+CACHE](http://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/light+cache)

(CHAOSGROUP: „LIGHT CACHE“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

THEMA: MULTIPASS

[HTTP://MANNHEIM-DESIGN.DE/CINEMA-4D-MULTI-PASS-UND-RENDERING/](http://mannheim-design.de/cinema-4d-multi-pass-und-rendering/)

(MANNHEIM-DESIGN: „C4D-MULTIPASS & RENDERING“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

THEMA: FOTOGRAFIE/KAMERA

[HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/CAMERAS](https://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/cameras)

(CHAOSGROUP: „CAMERAS“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://WWW.FOTO-KURS.COM/ISO-EMPFINDLICHKEIT.HTM](http://www.foto-kurs.com/iso-empfindlichkeit.htm)

(PRATZNER AXEL (FOTO-KURS): „ISO“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://WWW.FOTO-KURS.COM/KAMERA-BLENDE.PHP](http://www.foto-kurs.com/kamera-blennde.php)

(PRATZNER AXEL (FOTO-KURS): „BLENDE (ÖFFNUNG)“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://WWW.FOTO-KURS.COM/BELICHTUNGSZEIT.HTM](http://www.foto-kurs.com/belichtungszeit.htm)

(PRATZNER AXEL (FOTO-KURS): „BELICHTUNGSZEIT“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://WWW.FOTO-KURS.COM/SCHÄRFENTIEFE-IN-DER-FOTOGRAFIE.HTM](http://www.foto-kurs.com/schaerfentiefe-in-der-fotografie.htm)

(PRATZNER AXEL (FOTO-KURS): „SCHÄRFENTIEFE“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-PHYSICAL-CAMERA/](http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/vray-physical-camera/)

(VRAYC4D: „VRAY PHYSICAL CAMERA“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

THEMA: MATERIAL

[HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/MATERIALS](https://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/materials)

(CHAOSGROUP: „MATERIALS“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/ADVANCED-MATERIAL-LAYERS/](http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/vray-materials/advanced-material-layers/)

(VRAYC4D: „ADVANCED MATERIAL LAYERS“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

THEMA: LICHT

[HTTP://WWW.C4D-TUTORIALS.EU/2012/01/26/NEU-IN-RELEASE-12-IES-LICHTER/](http://www.c4d-tutorials.eu/2012/01/26/neu-in-release-12-ies-lichter/)

(ASSINGER ANDREAS (C4D-TUTORIAL): NEU IN RELEASE 12 – IES-LICHTER; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/LIGHTS](https://docs.chaosgroup.com/display/vray3max/lights)

(CHAOSGROUP: „LIGHTS“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/LIGHTS/](http://vrayc4d.com/live/vrayforc4d-manual/lights/)

(VRAYC4D: „LIGHTS“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

[HTTP://WWW.WELTDERPHYSIK.DE/THEMA/HINTER-DEN-DINGEN/KLIMA-UND-WETTER/HIMMELBLAU-UND-ABENDROT/](http://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/klima-und-wetter/himmelsblau-und-abendrot/)

(WELT DER PHYSIK (BOJAHR, RATHJE): „KLIMA & WTTTER“; LETZTER ZUGRIFF AM 14.10.2016)

10 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

BILD 1: RENDERSTILE	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	15
BILD 2: LE CORBUSIER (CITY OF TOWERS)	
HTTPS://WWW.PINTEREST.COM/PIN/177399672792279354/	16
BILD 3: MIES VAN DER ROHE (BARCELONA PAVILLON)	
HTTPS://BPRODUKT.COM/2008/02/19/BARCELONA-2007/	16
BILD 4: ZEICHNUNG (ZAHA HADID)	
HTTP://ZAHA-HADID.COM/MASTERPLANS/GRAND-BUILDINGS-TRAFALGAR-SQUARE-2/	17
BILD 5: ZEICHNUNG (OTTO WAGNER)	
HTTP://ПРОДВИЖЕНИЕ-САЙТОВ-ЕКАТЕРИНБУРГА.РФ/ОТТО-WAGNER.PHP	17
BILD 6: BIM-SCHEMA	
EIGENPRODUKTION IN ARCHICAD	18
BILD 7: BIM-MODELL (ARCHICAD)	
EIGENPRODUKTION IN ARCHICAD	19
BILD 8: AUBENRENDER (JASPER SEK-DESIGN®)	
HTTP://WWW.SEK-DESIGN.AT	20
BILD 9: INNENRENDER (JASPER SEK-DESIGN®)	
HTTP://WWW.SEK-DESIGN.AT	20
BILD 10: HAUPTPARAMETER (MATERIAL-KAMERA-LICHT)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	22
BILD 11: RENDERING FOTOREALISTISCH (RENDERWERK.AT®)	
HTTPS://RENDERWERK.AT/3D-VISUALISIERUNG/ZWEIFAMILIENHAUS-INNSBRUCK/	23
BILD 12: RENDERING ABSTRAKT (ALEX HOGREFE®)	
HTTPS://VISUALIZINGARCHITECTURE.COM/PROJECT/VILLA-ABSTRACTION/	23
BILD 13: POSTPRODUKTION (PHOTOSHOP)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY + PHOTOSHOP	25
BILD 14: "VR"-ARCHITEKTUR	
HTTPS://AARGAUERZEITUNG.CH/LEBEN/VIRTUAL-REALITY-BRILLE-ERMOEGLICHT-BLICK-INS-NOCH-NICHT-GEBAUTE-HAUS-128932205	27
BILD 15: "AR"-ARCHITEKTUR	
HTTPS://KLONBLOG.COM/2013/08/05/IKEA-AUGMENTED-REALITY-MIT-DEM-NEUEN-KATALOG/	28
BILD 16: SKIZZEN-RENDERING	
EIGENPRODUKTION IN ARCHICAD	29

BILD 17: WEIßMODELL-RENDERING	
EIGENPRODUKTION IN ARCHICAD	30
BILD 18: RENDERING TEXTURIERT	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	31
BILD 19: PIXELGRAFIK	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY + PHOTOSHOP	33
BILD 20: ADDITIVE FARBMISCHUNG	
NANA SWICZINSKY_DIGITALE ILLUSTRATION_GALILEO DESIGN_2015_SEITE 225	35
BILD 21: SUBTRAKTIVE FARBMISCHUNG	
NANA SWICZINSKY_DIGITALE ILLUSTRATION_GALILEO DESIGN 2015_SEITE 227	35
BILD 22: GRAUSTUFEN NACH BIT	
ARNOLD FALLER_TU WIEN_LU PROCESSED IMAGING SS 2017	36
BILD 23: URSPRÜNGLICHE RENDERGLEICHUNG	
JAMES T. KAJIYA_THE RNDER EQUATION_1986_SEITE 143	40
BILD 24: RAYTRACING	
HTTPS://BLOG.CODINGHORROR.COM/REAL-TIME-RAYTRACING/	42
BILD 25: FLAT SHADING	
HTTP://WWW.YOURDICTIONARY.COM/FLAT-SHADING	43
BILD 26: GOURAUD SHADING	
HTTP://WWW.YOURDICTIONARY.COM/FLAT-SHADING	44
BILD 27: PHONG SHADING	
HTTP://WWW.YOURDICTIONARY.COM/FLAT-SHADING	44
BILD 28: TREPPENEFFEKT ANTIALIASING	
HTTPS://WWW.APPLETIPS.NL/WP-CONTENT/UPLOADS/ANTIALIASING.GIF	45
BILD 29: ANTIALIASING-VERGLEICH	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY + PHOTOSHOP	46
BILD 30: PIXEL-SUBDIVISION	
EIGENPRODUKTION IN PHOTOSHOP.....	47
BILD 31: KEIN FILTER	
HTTPS:// DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	51
BILD 32: BOX FILTER	
HTTPS:// DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	51
BILD 33: AREA FILTER 1,5	
HTTPS:// DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	51

BILD 34: AREA FILTER 4

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	51
---	----

BILD 35: BLEND FILTER

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	51
---	----

BILD 36: CATMULL-ROM

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	51
---	----

BILD 37: MITCHELL-NETRAVALI 1,5

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	52
---	----

BILD 38: MITCHELL-NETRAVALI 2

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	52
---	----

BILD 39: GAUSSIAN FILTER

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/IMAGE+FILTER#IMAGEFILTER-EXAMPLE:ANTI-ALIASINGFILTERS	52
---	----

BILD 40: LINEAR MULTIPLY BSP. 1

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/COLOR+MAPPING	57
---	----

BILD 41: LINEAR MULTIPLY BSP. 2

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/COLOR+MAPPING	57
---	----

BILD 42: EXPONENTIAL BSP. 1

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/COLOR+MAPPING	57
---	----

BILD 43: EXPONENTIAL BSP. 2

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/COLOR+MAPPING	57
---	----

BILD 44: HSV EXPONENTIAL BSP. 1

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/COLOR+MAPPING	57
---	----

BILD 45: HSV EXPONENTIAL BSP. 2

HTTPS://DOCS.CHAOSGROUP.COM/DISPLAY/VRAY3MAX/COLOR+MAPPING	57
---	----

BILD 46: OHNE AO

EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY	62
--------------------------------------	----

BILD 47: MIT AO

EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY	62
--------------------------------------	----

BILD 48: GRAUSTUFENBILD AO

EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY	62
--------------------------------------	----

BILD 49: OHNE AO

EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY	65
--------------------------------------	----

BILD 50: MIT AO (SCHWARZ)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	65
BILD 51: MIT AO (ROT)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	66
BILD 52: RENDER OHNE GI	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	68
BILD 53: RENDER MIT GI	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	68
BILD 54: LOCAL & GLOBAL ILLUMINATION	
EIGENPRODUKTION IN PHOTOSHOP.....	69
BILD 55: KANÄLE MULTIPASS (C4D)	
EIGENPRODUKTION IN C4D	76
BILD 56: MULTIPASS-GESAMTBILD	
EIGENPRODUKTION IN C4D	77
BILD 57: MULTIPASS-SCHATTEN	
EIGENPRODUKTION IN C4D	77
BILD 58: MULTIPASS-AMBIENT OCCLUSION	
EIGENPRODUKTION IN C4D	77
BILD 59: MULTIPASS-GI	
EIGENPRODUKTION IN C4D	78
BILD 60: MULTIPASS-FARBE	
EIGENPRODUKTION IN C4D	78
BILD 61: MULTIPASS-REFLEXION	
EIGENPRODUKTION IN C4D	78
BILD 62: MULTIPASS-GLANZ	
EIGENPRODUKTION IN C4D	78
BILD 63: MULTIPASS-TRANSPARENZ	
EIGENPRODUKTION IN C4D	78
BILD 64: MULTIPASS-LEUCHTEN	
EIGENPRODUKTION IN C4D	78
BILD 65: ÜBERSICHT KAMERA	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY + PHOTOSHOP	79
BILD 66: ISO-ANWENDUNGSBEREICHE	
HTTP://WEBSITE.FOTOMARKT-KOELN.DE/MEDIA/ISO-TABELLE.JPG	80
BILD 67: ISO-RAUSCHEN	
HTTP://COCHAINEMODELS.COM/1X1-FOTOGRAFIE-BLENDE-VERSCHLUSSZEIT-ISO-WERT/	81
BILD 68: ISO 50, F-STOP 8, SS 200	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	81

BILD 69: ISO 100, F-STOP 8, SS 200	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	81
BILD 70: ISO 200, F-STOP 8, SS 200	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	81
BILD 71: ISO 400, F-STOP 8, SS 200	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	81
BILD 72: F-STOP SCHÄRFENTIEFE	
HTTP://WWW.CHRIJONESBLOG.COM/2015/04/INDEPENDENT-FILMMAKERS-APERTURE.HTML	82
BILD 73: ISO 100, F-STOP 4, SS 200	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	83
BILD 74: ISO 100, F-STOP 6, SS 200	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	83
BILD 75: ISO 100, F-STOP 8, SS 200	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	83
BILD 76: ISO 100, F-STOP 12, SS 200	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	83
BILD 77: SHUTTER-SPEED (BSP. WASSER)	
HTTP://WWW.FURTHEREAST.COM/WP-CONTENT/UPLOADS/2015/04/SHUTTER-SPEED-RUNNING-WATER.JPG	84
BILD 78: ISO 100, F-STOP 8, SS 60	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	85
BILD 79: ISO 100, F-STOP 8, SS 125	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	85
BILD 80: ISO 100, F-STOP 8, SS 250	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	85
BILD 81: ISO 100, F-STOP 8, SS 500	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	85
BILD 82: ISO, F-STOP, SHUTTER SPEED	
HTTP://DE.UBERGIZMO.COM/2015/07/08/WIE-FUNKTIONIERT-DAS-MIT-ISO-BLENDE-UND-VERSCHLUSSZEIT.HTML	86
BILD 83: TYP_STANDARD	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	87
BILD 84: TYP_ORTHOGONAL	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	87
BILD 85: VERTICAL SHIFT 0	
HTTP://WWW.JOSEFBSHARAH.NET/V-RAYFORC4D-BASIC-STARTUP-PART3-BASIX/	89
BILD 86: VERTICAL SHIFT 0,4	
HTTP://WWW.JOSEFBSHARAH.NET/V-RAYFORC4D-BASIC-STARTUP-PART3-BASIX/	89

BILD 87: BRENNWEITE	
HTTPS://WWW.MYPOSTER.DE/MAGAZIN/ZOOMEN-MIT-DER-KAMERA/	91
BILD 88: BRENNWEITE 36MM	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	91
BILD 89: BRENNWEITE 80MM	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	92
BILD 90: BRENNWEITE 18MM	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	92
BILD 91: DOF (F-STOP)	
HTTP://WWW.SONYUSERFORUM.DE/GALERIE/DATA/MEDIA/6/SCHRFENTIEFE_2.JPG	93
BILD 92: DOF (BLENDE-LICHT)	
HTTPS://WWW.IFOLOR.AT/INSPIRATIONEN/SCHAERFENTIEFE	94
BILD 93: DOF (DISTANZ)	
HTTP://WWW.SONYUSERFORUM.DE/GALERIE/DATA/MEDIA/6/SCHRFENTIEFE_2.JPG	94
BILD 94: DOF (BRENNWEITE)	
HTTP://WWW.SONYUSERFORUM.DE/GALERIE/DATA/MEDIA/6/SCHRFENTIEFE_2.JPG	95
BILD 95: UNSCHÄRFEBEREICH (VORNE)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	96
BILD 96: UNSCHÄRFEBEREICH (HINTEN)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	96
BILD 97: UNSCHÄRFEBEREICH (VORNE & HINTEN)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	97
BILD 98: OBJECT-MOTION BLUR	
http://support.randomcontrol.com/display/ARCH/Object+motion+blur	98
BILD 99: CAMERA-MOTION BLUR	
HTTP://WWW.KOAT.COM/IMAGE/VIEW/-/22796124/HIGHRES/3/-/PAPMA8/-/MOST-TICKETED-CARS.JPG	99
BILD 100: ÜBERSICHT-MATERIAL	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY + PHOTOSHOP	100
BILD 101: C4D-MODELLFENSTER	
EIGENPRODUKTION IN C4D	102
BILD 102: MATERIAL EDITOR (V-RAY)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	103
BILD 103: FARBE	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/ADVANCED-MATERIAL-LAYERS/DIFFUSE-LAYER/	106
BILD 104: DIFFUSE	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	107

BILD 105: REFLEXION	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	108
BILD 106: REFLECIION	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	108
BILD 107: GLANZ	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/ADVANCED-MATERIAL-LAYERS /SPECULAR-LAYER/	109
BILD 108: SPECULAR	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	110
BILD 109: REFRAKTION	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/ADVANCED-MATERIAL-LAYERS/REFRACTION- LAYER/	111
BILD 110: REFRACTION	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	111
BILD 111: ALPHA	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/ADVANCED-MATERIAL-LAYERS/MATERIAL- WEIGHT/	112
BILD 112: MATERIAL WEIGHT	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	112
BILD 113: RELIEF	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/ADVANCED-MATERIAL-LAYERS/BUMP/	113
BILD 114: BUMP	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	113
BILD 115: DISPLACEMENT	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/V-RAY-DISPLACE-MATERIAL/VRAY-DISPLACE- MATERIAL-EXAMPLES/	114
BILD 116: BUMP ERDBALL	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	114
BILD 117: DISPLACEMENT ERDBALL	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	114
BILD 118: SELBSTLEUCHTEND	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/ADVANCED-MATERIAL-LAYERS/LUMINOSITY- LAYER/	115
BILD 119: LUMINOSITY	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	115
BILD 120: FLECKEN	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/FLAKES-LAYER/.....	116

BILD 121: FLAKES	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	116
BILD 122: SSS	
HTTP://VRAYC4D.COM/LIVE/VRAYFORC4D-MANUAL/VRAY-MATERIALS/SSS/	117
BILD 123: SUB-SURFACE-SCATTERING	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	117
BILD 124: QUADER-MAPPING	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	118
BILD 125: KUGEL-MAPPING	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	118
BILD 126: ZYLINDER-MAPPING	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	119
BILD 127: FLÄCHEN-MAPPING	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	119
BILD 128: FRONTAL-MAPPING	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	119
BILD 129: UVW-MAPPING	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	120
BILD 130: UNWRAPPING 1 (3DS MAX)	
EIGENPRODUKTION IN 3DS MAX UND PHOTOSHOP.....	121
BILD 131: UNWRAPPING 1.1 (3DS MAX)	
EIGENPRODUKTION IN 3DS MAX UND PHOTOSHOP.....	121
BILD 132: UNWRAPPING 2 (PHOTOSHOP)	
EIGENPRODUKTION IN 3DS MAX UND PHOTOSHOP.....	121
BILD 133: UNWRAPPING 2.1 (PHOTOSHOP)	
EIGENPRODUKTION IN 3DS MAX UND PHOTOSHOP.....	121
BILD 134: UNWRAPPING 3 (3DS MAX)	
EIGENPRODUKTION IN 3DS MAX UND PHOTOSHOP.....	121
BILD 135: UNWRAPPING 3.1 (3DS MAX)	
EIGENPRODUKTION IN 3DS MAX UND PHOTOSHOP.....	121
BILD 136: KACHELUNG SICHTBAR	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	122
BILD 137: KACHELUNG NICHT SICHTBAR	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	122
BILD 138: ÜBERSICHTSSZENE (LICHT)	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY + PHOTOSHOP	123
BILD 139: IES-LICHTER	
HTTP://BLOG.NAVER.COM/POSTVIEW.NHN?BLOGID=CADNJOY&LOGNO=220356160774	126

BILD 140: LUMEN-CANDELA-LUX	
EIGENPRODUKTION IN PHOTOSHOP.....	127
BILD 141: LUMEN / WATT	
HTTPS://DE.PAULMANN.COM/MEDIA/IMAGE/LUMENSTRAHL_LED_D5625F0EC3E82F.JPG	127
BILD 142: CANDELA / WATT	
HTTPS://NATURALLIGHTING.FILES.WORDPRESS.COM/2013/07/CANDELASTRAHL_LED_D_06.JPG	128
BILD 143: LUX	
HTTPS://WWW.LEDPLANER.DE/WP-CONTENT/PLUGINS/HELLIGKEITSRECHNER/BALKEN.PHP	128
BILD 144: HARTER SCHATTEN	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	130
BILD 145: WEICHER SCHATTEN	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	130
BILD 146: FLÄCHENSCHATTEN	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	130
BILD 147: VERSCHATTUNG DURCH LICHTABNAHME	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	130
BILD 148: LICHT MIT VOLUMEN	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	131
BILD 149: LICHT OHNE VOLUMEN	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	131
BILD 150: MORGENRÖTE / TAGESLICHT	
HTTP://WWW.WELTDERPHYSIK.DE/THEMA/HINTER-DEN-DINGEN/KLIMA-UND-WETTER/HIMMELSBLAU-UND-ABENDROT/	132
BILD 151: LICHTTEMPERATUR IN °KELVIN	
HTTP://WWW.RICOH.COM/R_DC/DE/PHOTOSTYLE/KNOWLEDGE/PREPARATION/IMG/11/PIC1_2.JPG	133
BILD 152: FILTER BLAU	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	134
BILD 153: FILTER ROT	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	134
BILD 154: TURBIDITY 3; OZONE 2; SIZE MUL. 4	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	134
BILD 155: TURBIDITY 4; OZONE 1; SIZE MUL. 1	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	134
BILD 156: PUNKTLICHT	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	135
BILD 157: SPOTLICHT	
EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY.....	136

BILD 158: FLÄCHENLICHT

EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY..... 137

BILD 159: UNENDLICHES LICHT

EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY..... 138

BILD 160: PARALLELES LICHT

EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY..... 139

BILD 161: UMGEBUNGSLICHT

EIGENPRODUKTION IN C4D + V-RAY..... 140