



Volume ray casting — basics & principles

Projektarbeit 1

MTE7101

Studiengang: Informatik

Autor: Sven Osterwalder¹

Betreuer: Prof. Claude Fuhrer²

Datum: 29. September 2015



Licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0 License

¹sven.osterwalder@students.bfh.ch

²claudio.fuhrer@bfh.ch

Versionen

Version	Datum	Status	Bemerkungen
0.1	25.09.2015	Entwurf	Initiale Erstellung des Dokumentes

Todo list

Describe scope	3
Describe motivation	3
Loose some words about demoscene!	3
Describe initial situation	3
Describe objectives	3
Describe preliminaries	3
Describe new learning contents	3
Describe theoretical background	5
Describe standards & guidelines	5
Describe global illumination models	7
Describe ray tracing	7
Describe ray casting	7
Describe volume ray casting	7
Describe raymarching	7

Management Summary

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Phasellus scelerisque, leo sed iaculis ornare, mi leo semper urna, ac elementum libero est at risus. Donec eget aliquam urna. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc fermentum nunc sollicitudin leo porttitor volutpat. Duis ac enim lectus, quis malesuada lectus. Aenean vestibulum suscipit justo, in suscipit augue venenatis a. Donec interdum nibh ligula. Aliquam vitae dui a odio cursus interdum quis vitae mi. Phasellus ornare tortor fringilla velit accumsan quis tincidunt magna eleifend. Praesent nisl nibh, cursus in mattis ac, ultrices ac nulla. Nulla ante urna, aliquet eu tempus ut, feugiat id nisl. Nunc sit amet mauris vitae turpis scelerisque mattis et sed metus. Aliquam interdum congue odio, sed semper elit ullamcorper vitae. Morbi orci elit, feugiat vel hendrerit nec, sollicitudin non massa. Quisque lacus metus, vulputate id ullamcorper id, consequat eget orci.

Inhaltsverzeichnis

Management Summary	i
1. Einleitung	1
2. Administratives	2
2.1. Beteiligte Personen	2
2.2. Aufbau des Dokumentes	2
2.3. Ergebnisse (Deliverables)	2
3. Aufgabenstellung	3
3.1. Motivation	3
3.2. Ausgangslage	3
3.3. Ziele und Abgrenzung	3
4. Vorgehen	4
4.1. Arbeitsorganisation	4
4.2. Projekphasen	4
4.3. Technologien	5
5. Theoretischer Hintergrund	6
5.1. Beleuchtungsmodelle	6
5.2. Ray Tracing	7
5.3. Volume Ray Casting	7
6. Diskussion und Fazit	8
6.1. Diskussion	8
6.2. Erweiterungsmöglichkeiten	8
6.3. Fazit	8
Glossar	9
Literaturverzeichnis	10
Abbildungsverzeichnis	11
Tabellenverzeichnis	12
Auflistungsverzeichnis	13
Anhang	15
A. Meeting minutes	16

1. Einleitung

Seit dem Bestehen moderner Computer existiert auch die Computergrafik. Ziel der Computergrafik ist es unter Anderem den dreidimensionalen Raum auf eine zweidimensionale Fläche abzubilden, da die Ausgabe meist auf den zweidimensionalen Raum limitiert ist.

Dabei wird zwischen statischen Bildern und dynamischen Bildern unterschieden. Statische Bilder werden bei Bedarf dargestellt und ändern sich in der Regel nicht. Dynamische Bilder können sich hingegen ständig ändern und müssen — bedingt durch das menschliche Auge — mit 25 Bildern pro Sekunde ausgegeben werden. Es bestand bereits früh das Bestreben eine möglichst realistische Darstellung zu erhalten. Eine Darstellung also, die möglichst nahe an der menschlichen Wahrnehmung liegt.

Im Laufe der Zeit entstanden verschiedene Ansätze um eine solche Darstellung zu bieten. Ein Teilgebiet davon sind Beleuchtungsmodelle, welche die Beleuchtung einer Darstellung bzw. einer Szene berechnen. Dabei wird zwischen lokalen und globalen Beleuchtungsmodellen unterschieden.

Ein globales Beleuchtungsmodell ist Ray Tracing (zu deutsch Strahlenverfolgung), welches 1980 von Turner Whitted vorgestellt wurde. Das Verfahren besticht durch seine Einfachheit und bietet dabei eine hohe Bildqualität mit perfekten Spiegelungen und Transparenzen. Mit entsprechenden Optimierungen ist das Verfahren auch relativ schnell.

Mit schnell ist dabei die Zeit gemeint, die benötigt wird um ein einzelnes Bild darzustellen. Möchte man jedoch eine Darstellung in Echtzeit erreichen, so war das Verfahren lange zu langsam.

Im Rahmen der Weiterentwicklung der Computer und vor allem durch die Weiterentwicklung der Grafikkarten (GPUs), ist Ray Tracing jedoch wieder in den Fokus der Darstellung von Szenen in Echtzeit gerückt.

Diese Projektarbeit stellt ein spezielles Ray Tracing Verfahren zur Darstellung von Bildern in Echtzeit vor: Volume Ray Casting bzw. Sphere Tracing.

2. Administratives

Einige administrative Aspekte der Projektarbeit werden angesprochen, obwohl sie für das Verständnis der Resultate nicht notwendig sind.

Im gesamten Dokument wird nur die männliche Form verwendet, womit aber beide Geschlechter gemeint sind.

2.1. Beteiligte Personen

Autor Sven Osterwalder¹
Betreuer Prof. Claude Fuhrer²

Begleitet den Studenten bei der Projektarbeit

2.2. Aufbau des Dokumentes

Der Aufbau der vorliegenden Arbeit ist wie folgt:

- Einleitung zur Projektarbeit
- Beschreibung der Aufgabenstellung
- Vorgehen des Autors im Hinblick auf die gestellten Aufgaben
- Lösung der gestellten Aufgaben
- Verwendete Technologien

Der Schwerpunkt dieser Arbeit liegt in der Beschreibung der theoretischen Grundlagen (unter praktischen Aspekten) des Volume Ray Casting Verfahrens.

2.3. Ergebnisse (Deliverables)

Nachfolgend sind die abzugebenden Objekte aufgeführt:

- **Abschlussdokument**
Das Abschlussdokument beinhaltet die theoretischen Grundlagen (unter praktischen Aspekten) des Volume Ray Casting Verfahrens

¹sven.osterwalder@students.bfh.ch

²claudio.fuhrer@bfh.ch

3. Aufgabenstellung

Describe scope

3.1. Motivation

Describe motivation

3.1.1. Demoszene

Loose some words about demoscene!

3.2. Ausgangslage

Describe initial situation

3.3. Ziele und Abgrenzung

Describe objectives

3.3.1. Vorgängige Arbeiten

Describe preliminaries

3.3.2. Neue Lerninhalte

Describe new learning contents

4. Vorgehen

4.1. Arbeitsorganisation

4.1.1. Regelmässige Treffen

Regelmässige Besprechungen mit dem Betreuer der Arbeit halfen die gesteckten Ziele zu erreichen und Fehlentwicklungen zu vermeiden. Der Betreuer unterstützte den Autor dabei mit Vorschlägen. Die Treffen fanden mindestens alle zwei Wochen statt, sie wurden in Form eines Protokolles festgehalten.

4.2. Projektphasen

4.2.1. Meilensteine

Um bei der Arbeit ein möglichst strukturiertes Vorgehen einzuhalten, wurden folgende Projektphasen gewählt:

- Projektstart
- Erarbeitung und Festhalten der Anforderungen
- Erarbeitung der theoretischen Grundlagen
- Erstellung der abschliessenden Dokumentation

Die Phasen der Erarbeitung der theoretischen Grundlagen sowie die Erstellung der abschliessenden Dokumentation liefen parallel ab.

4.2.2. Zeitplan / Projektphasen

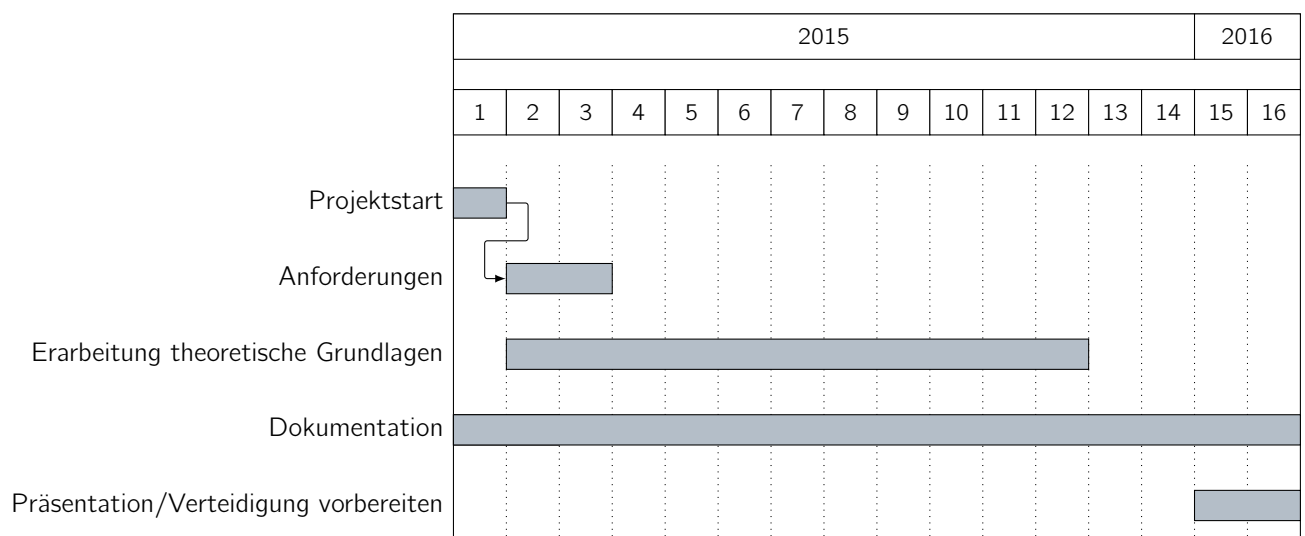


Abbildung 4.1.: Zeitplan; Der Titel stellt Jahreszahlen, der Untertitel Semesterwochen dar

Projektstart

In der ersten Phase wurden die Meilensteine der Arbeit identifiziert und skizziert. Um Details der Aufgabe zu verstehen, wurde das notwendige Vorwissen über globale Beleuchtungsalgorithmen erarbeitet. Weiter wurde das Grundgerüst dieser Dokumentation erstellt.

Anforderungen

In dieser Phase wurde das Ziel dieser Projektarbeit festgelegt. Vom Ziel ausgehend wurden die dazu erforderlichen Projektphasen festgelegt.

Erarbeitung theoretische Grundlagen

Describe theoretical background

Dokumentation

Die vorliegende Arbeit entspricht der Dokumentation. Sie wurde während der gesamten Projektarbeit stetig erweitert und diente zur Reflexion von fertiggestellten Teilen.

4.3. Technologien

4.3.1. Tools und Software

Dokumentation

L^AT_EX Eine Makro-Sammlung für das T_EX-System. Wurde zur Erstellung dieser Dokumentation eingesetzt. Diese Dokumentation wurde mittels L^AT_EX geschrieben.

Make Build-Automations-Werkzeug, wurde zur Erstellung dieses Dokumentes eingesetzt.

zotero Ein freies, quelloffenes Literaturverwaltungsprogramm zum Sammeln, Verwalten und Zitieren unterschiedlicher Online- und Offline-Quellen Wikipedia Foundation [2015].

Arbeitsorganisation

Git Freie Software zur verteilten Versionsverwaltung, wurde für die Entwicklung dieser Dokumentation verwendet. Die Projektarbeit findet sich unter GitHub¹.

GitHub Eine freie Hosting-Plattform für Git mit Weboberfläche.

4.3.2. Standards und Richtlinien

Describe standards & guidelines

¹<https://www.github.com/sosterwalder/mte7101-project1>

5. Theoretischer Hintergrund

5.1. Beleuchtungsmodelle

Sofern nicht anders vermerkt, basiert der folgende Abschnitt auf Whitted [1980][S. 343].

Beleuchtungsmodelle beschreiben, wieviel Licht von einem sichtbaren Punkt einer Oberfläche zum Betrachter emittiert wird. In der Regel wird das Licht als Funktion in Abhängigkeit folgender Faktoren beschrieben:

- Richtung der Lichtquelle
- Lichtstärke
- Position des Betrachters
- Orientierung der Oberfläche
- Oberflächenbeschaffenheit

Es wird dabei zwischen lokalen und globalen Beleuchtungsmodellen unterschieden.

5.1.1. Lokale Beleuchtungsmodelle

Lokale Beleuchtungsmodelle aggregieren Daten von benachbarten, eben lokalen Oberflächen. Diese Modelle sind in deren Umfang allerdings limitiert, da sie normalerweise nur Lichtquellen sowie die Orientierung einer Oberfläche einbeziehen. Sie ignorieren dabei aber die globale Umgebung, in welcher sich eine Oberfläche befindet. Dies ist dadurch bedingt, dass die traditionell verwendeten Algorithmen zur Berechnung der Sichtbarkeit von Oberflächen, über keine globalen Daten verfügen.

Als Beispiel für ein lokales Beleuchtungsmodell dient das Phong-Beleuchtungsmodell, welches von Bui-Tong Phong entwickelt wurde:

$$I = I_a + k_d \sum_{j=1}^{I_s} (\vec{N} \cdot \vec{L}_j) + k_s \sum_{j=1}^{I_s} (\vec{N} \cdot \vec{L}_j)^n$$

wobei gilt:

- I = die reflektierte (Licht-) Intensität
- I_a = Reflektion bedingt durch die Beleuchtung des Raumes
- k_d = Konstante für die diffuse Komponente des reflektierten Lichtes
- \vec{N} = Einheitsnormale der Oberfläche
- \vec{L}_j = Vektor in Richtung der j -ten Lichtquelle
- k_s = Koeffizient der spiegelnden Komponente
- \vec{L}_j = Vektor in der Hälfte zwischen dem Betrachter und der j -ten Lichtquelle
- n = Exponent, welcher von der Reflektion der Oberfläche abhängt
- I_s = Anzahl Lichtquellen

5.1.2. Globale Beleuchtungsmodelle

Describe global illumination models

5.2. Ray Tracing

Bei Ray Tracing handelt es sich um ein globales Beleuchtungsmodell, welches 1980 von Turner Whitted vorgestellt wurde.

Describe ray tracing

5.2.1. Ray Casting

Describe ray casting

5.3. Volume Ray Casting

Describe volume ray casting

5.3.1. Raymarching

Describe raymarching

6. Diskussion und Fazit

6.1. Diskussion

6.2. Erweiterungsmöglichkeiten

6.3. Fazit

Glossar

OWL Web Ontology Language; Ontologiesprache für das semantische Web. Mit dieser Sprache können Ontologien beschrieben werden..

Literaturverzeichnis

Wikipedia Foundation. Zotero, August 2015. URL <https://de.wikipedia.org/wiki/Zotero>. Published: Website Abgerufen am 27. September 2015.

Turner Whitted. An Improved Illumination Model for Shaded Display. *Commun. ACM*, 23(6):343–349, June 1980. ISSN 0001-0782. doi: 10.1145/358876.358882. URL <http://doi.acm.org/10.1145/358876.358882>.

Abbildungsverzeichnis

4.1. Zeitplan; Der Titel stellt Jahreszahlen, der Untertitel Semesterwochen dar	4
---	---

Tabellenverzeichnis

Auflistungsverzeichnis

Anhang

A. Meeting minutes

20150921

No.: 01
Date: 21.09.2015 07:30
Place: Prof. Claude Fuhrer's office

- * Project issues
 - Requirement document needed?
 - * No, not directly
 - What are the requirements?
 - * Project schedule
 - * External inputs
 - * Conclusion
 - * Grading is analogous to bachelor thesis, so the requirements are the same
- * Goal
 - Read articles about the topic
 - Gain an understanding for the topic
 - Create a summary of read articles including small code segments in pseudo code, e.g. explaining an algorithm
- * Project 2 MTE7102
 - Building a software architecture regarding the master thesis
 - Proof of concept of the algorithms chosen in this project
- * Meetings
 - Will be held every 14 days
 - Time and location will be defined at the end of each meeting

TODO for next meeting:

- * Set up project repository
 - GitHub
 - Open source
- * Choose language for pseudo code

Next meeting:

Date: 05.10.2015 07:30
Place: Prof. Claude Fuhrer's office

No.: 02
Date: 05.10.2015 07:30
Place: Prof. Claude Fuhrer's office

- * External documents
 - Do external documents, e.g. papers, held in the project repository infringe copy rights?
- * Theoretical background
 - Phong equation
 - * Why is the half way vector used as described in Whitted's paper instead of the more common usage of the angle cosine in direction of the light?

TODO for next meeting:

- * To be discussed

Next meeting:
Date: To be scheduled
Place: To be scheduled
