

Simulation von Rauch mittels Partikelsystem

Bachelorarbeit

zur Erlangung des Grades Bachelor of Science (B.Sc.)
im Studiengang Computervisualistik

vorgelegt von
Sebastian Gaida

Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Stefan Müller
(Institut für Computervisualistik, AG Computergraphik)
Zweitgutachter: Bastian Kray MSc.
(Institut für Computervisualistik, AG Computervisualistik)

Koblenz, im August 2019

Erklärung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Ja Nein

Mit der Einstellung der Arbeit in die Bibliothek bin ich einverstanden. ☐ ☐

.....
(Ort, Datum) (Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	2
2	Einleitung	3
3	State of the Art	4
3.1	Vektorfelder	4
3.2	Partikelsystem	4
4	Fluidsimulation	4
4.1	Dichte	4
4.2	Viskosität	4
4.3	Druck	4
4.4	Auftrieb	4
5	Beschleunigung	4
5.1	Grid-basiertes-Verfahren	4
5.2	Sortierverfahren	4
5.3	Vergleich	4
6	Ergebnis	4
7	Fazit	4

Abstract

In dieser Arbeit wird auf die realistische Simulation von Rauch eingegangen. Dabei bezieht sich die Arbeit hauptsächlich auf die Simulationen von Müller et al.[MCG03] und Ren et al.[RYY⁺16]. Die Simulation wurde mittels C++, der Open Graphics Library (OpenGL) und Compute-Shadern erstellt. Hierbei wurde das Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) Verfahren genutzt und die Möglichkeiten zur Beschleunigung auf der Graphics Processing Unit (GPU) untersucht.

This paper deals with the realistic simulation of smoke. The work refers mainly to the simulations of Müller et al.[MCG03] and Ren et al.[RYY⁺16]. The simulation was created using C++, the Open Graphics Library and compute shaders. Here the Smoothed Particle Hydrodynamics method was used and the possibilities to accelerate it on the GPU were investigated.

1 Vorwort

Vor dem Beginn der vorliegenden Bachelorarbeit möchte ich mich zunächst bei einigen Personen bedanken die mich während der Arbeit unterstützt haben.

Zunächst einmal bedanke ich mich bei Prof. Dr.-Ing. Stefan Müller und Bastian Kray MSc. für die großartige Betreuung meiner Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei Pascal Bendler bedanken, der mich tatkräftig beim debugging unterstützt hat.

Das größte Dankeschön geht aber an den Freund, der mich immer wieder dazu motiviert hat weiter zu arbeiten und nach alternativen Möglichkeiten zu suchen.

2 Einleitung

Das Ziel dieser Arbeit ist es eine möglichst physikalisch korrekte Rauchsimulation zu implementieren. Dazu nutzen wir, dass sich Rauch wie ein Fluid verhält [Sta03], dabei wird die Simulation der physikalischen Basis von Fluiden angenähert. Hierbei wird in dieser Implementation ein Partikelsystem zur Berechnung der physikalischen Eigenschaften genutzt. Aufgrund des hohen Rechenaufwandes einer Rauchsimulation wurde diese meist nur im Offline-Rendering genutzt. Echtzeitanwendungen wie Spiele-Engines nutzen mittlerweile dabei die Architektur der GPU aus um diesen Aufwand parallel abzuarbeiten.

Die Graphics Processing Unit eignet sich besonders gut zum berechnen parallelisierbarer Rechenoperationen, da sie im Vergleich zur Central Processing Unit (CPU), die nur wenige Kerne besitzt, über tausend Kerne verfügt, die zwar nicht so leistungsfähig sind wie die der CPU, aber dennoch einen signifikante Steigerung der Leistung bieten.

In der Arbeit wird auch darauf eingegangen den genannten Aufwand zu minimieren, dazu wurden zwei Verfahren zur Beschleunigung des Partikelsystems, auf der GPU, implementiert und gegenübergestellt.

Für die Implementation wurde OpenGL genutzt, welches das programmieren auf der GPU deutlich vereinfacht und seit der Version 4.3 auch das verarbeiten von Daten mit Hilfe von Compute-Shadern unterstützt. Für den schnellstmöglichen Zugriff auf diese Daten wird Speicherplatz, in Form von Shader Storage Buffer Object (SSBO), auf der GPU angelegt. Dabei sollte auch auf eine effiziente Nutzung des limitierten Speicherplatzes geachtet werden.

3 State of the Art

3.1 Vektorfelder

3.2 Partikelsystem

4 Fluidsimulation

4.1 Dichte

4.2 Viskosität

4.3 Druck

4.4 Auftrieb

5 Beschleunigung

5.1 Grid-basiertes-Verfahren

5.2 Sortierverfahren

5.3 Vergleich

6 Ergebnis

7 Fazit

OpenGL Open Graphics Library

SPH Smoothed Particle Hydrodynamics

GPU Graphics Processing Unit

CPU Central Processing Unit

SSBO Shader Storage Buffer Object

Literatur

- [MCG03] MÜLLER, Matthias ; CHARYPAR, David ; GROSS, Markus: Particle-based fluid simulation for interactive applications. In: *Proceedings of the 2003 ACM SIGGRAPH/Eurographics symposium on Computer animation* Eurographics Association, 2003, S. 154–159
- [RYY⁺16] REN, Bo ; YAN, Xiao ; YANG, Tao ; LI, Chen-feng ; LIN, Ming C. ; HU, Shi-min: Fast SPH simulation for gaseous fluids. In: *The Visual Computer* 32 (2016), Nr. 4, S. 523–534
- [Sta03] STAM, Jos: Real-time fluid dynamics for games. In: *Proceedings of the game developer conference* Bd. 18, 2003, S. 25