

## „Malen nach Zahlen“ – Das Raytracing-Verfahren

Die hier vorliegende Facharbeit wurde von Sebastian Haaf, einem Schüler des Gymnasiums Albertinum Coburg 2005/06 angefertigt.

Das Thema der Arbeit wurde von Herrn Haaf selbst gewählt. Zur Wahl des Themas machte er folgende Aussagen:

*„Ja, das Thema habe ich selbst gewählt, die Themenformulierung "Malen nach Zahlen – das Raytracingverfahren" ist eine Formulierung meines Lehrers. Um die Frage, wie ich auf das Thema kam, zu beantworten, muss ich etwas weiter ausholen: Zunächst plante ich, in Kunst eine Facharbeit zu schreiben. Vor hatte ich, etwas in Richtung Computergrafik zu machen, da ich in der 11. eine 3D-Animation des Bildes "Die Nachtschwärmer" von Edward Hopper erstellte, die meine Lehrerin vollends begeisterte, obwohl ich lediglich den Straßenzug und die Bar in Blender nachmodelliert hatte und eine simple Kamerafahrt (30sec) gerendert hatte. Als dann in Mathe das Thema Facharbeit zu sprechen kam, fragte mein Lehrer, ob schon Themen vorhanden wären, für die wir uns interessieren. Ich fragte nach, ob es zum Thema Raytracing möglich wäre, eine Facharbeit zu schreiben. Hintergrund der Sache war, dass wir im Jahr zuvor im Wahlkurs Informatik Animationen mit Povray programmiert haben, wobei Sinus und Cosinus zum Einsatz kamen. (Ich programmierte eine "Loveparade der Dämonen".) Hierbei wurde mir das erste Mal bewusst, dass man Funktionen auch noch für etwas anderes außer Schulaufgaben verwenden konnte. So fragte ich, ob ich über den mathematischen Hintergrund des Raytracings schreiben könne. Hatte dabei im Hinterkopf, eine praktische Anwendung für die Funktionen aufzuzeigen. Davon kam ich aber im Gespräch mit meinem Lehrer ab und wanderte in die Richtung: Wie erzeugt der Computer/das Programm eigentlich das Bild?, was mich auch interessierte.“*

Im Mai 2005 wendete sich Herr Haaf nach einer Internetrecherche an mich und bat mich um Literaturempfehlungen für die geplante Thematik seiner Arbeit. Ich empfahl ihm die folgenden Lehrbücher, die Herr Haaf dann auch verwendete.

- FOLEY, J. D.; VAN DAM, A.; FEINER, S. K.; HUGHES, J. F.; PHILLIPS, R. L.: Grundlagen der Computergraphik. Einführung, Konzepte, Methoden. Addison-Wesley, Bonn, 1994.
- HAENSELMANN, T.: Raytracing. Grundlagen, Implementierung, Praxis. Addison-Wesley, Bonn, 1996.
- WATT, A.: 3D-Computergrafik. Pearson Education Deutschland GmbH, München, 2002.

Zusätzlich stellte ich ihm das zweite Kapitel der vorliegenden Habilitationsschrift (in der im Mai 2005 vorhandenen Fassung, die der Endfassung bereits weitgehend entsprach) zur Verfügung.

Es kann eingeschätzt werden, dass Herr Haaf die angegebene Literatur zwar nutzte und sich in seiner Arbeit daran orientierte, sich dabei jedoch nicht darauf beschränkte, Passagen aus den verwendeten Materialien zu übernehmen und zu variieren. Vielmehr wird aus seiner Arbeit (insbesondere den Abschnitten 2.4.1 und 2.4.2) heraus deutlich, dass er sich intensiv mit der Thematik beschäftigte und eigenständige Überlegungen anstellte.<sup>1</sup>

Den zentralen und mathematisch anspruchsvollsten Bestandteil der Arbeit von Herrn Haaf bilden Überlegungen zu Koordinatentransformationen (speziell Ansichtstransformationen) und ihrer Beschreibung durch Matrizen sowie zur Zentralprojektion in die Ansichtsebene. Hierbei wird deutlich, dass u. a. fundierte geometrische Überlegungen angestellt wurden, um die für die Ansichtstransformation erforderlichen Drehwinkel zu ermitteln. Natürlich ist in diesem Zusammenhang interessant, inwiefern die benötigten mathematischen Grundlagen im Unterricht behandelt wurden

---

<sup>1</sup> Diese Abschnitte, die m. E. als das „Herzstück“ der Arbeit von Herrn Haaf anzusehen sind, ergänzte er um Abschnitte zu anderen Aspekten, die dazu eine Ergänzung bilden und in stärkerem Maße auf den angegebenen Quellen basieren.

und in welchem Maße Herr Haaf sich diese selbstständig angeeignet hat. Auf meine diesbezügliche Frage antwortete er:

*Matrizen wurden Anfang der 12. zu Beginn der Analytischen Geometrie im Unterricht kurz knapp behandelt. Jedoch nicht in der Form, wie ich sie in meiner Facharbeit abhandele. Matrizenmultiplikation war mir bis Weihnachten 05 ein Rätsel, da ich aus der Formelsammlung nicht schlau wurde. Entdeckt habe ich dann eine verständliche Erklärung des Ganzen auf Wikipedia.de. Vektor-Matrix-Multiplikation und homogene Koordinaten eignete ich mir ebenfalls selber an.*

Des Weiteren führte er aus:

*Anspruchsvoll fand ich hingegen nur die Fallunterscheidung bei der Koordinatentransformation, die mir zudem einen Riesenspaß bereitete, da man sich endlich mal geistig ein wenig austoben konnte. Die Koordinatentransformation habe ich mir komplett selbst erarbeitet, da ich nirgends auf Anhieb etwas gefunden habe.*

Diese Einschätzung bezüglich des Eigenanteils von Herrn Haaf an den Inhalten seiner Arbeit ist m. E. zu teilen. Hinsichtlich des Bezugs der Arbeit zu dem gewählten Thema ist zu sagen, dass spezifische Aspekte des Raytracing-Verfahrens nicht im Zentrum der Arbeit standen, sondern (wie bereits erwähnt) die Abbildung in die Bildebene, welche Bestandteil jedes Verfahrens der 3D-Computergrafik ist. Hinsichtlich der Rekursivität des Raytracing-Verfahrens enthält die Arbeit auf S. 4 eine falsche Aussage, die nicht stark ins Gewicht fällt, da dieser Aspekt danach nicht mehr aufgegriffen wird. Es kann allerdings nicht erwartet werden, dass in der Facharbeit eines Schülers ein Verfahren der 3D-Computergrafik in allen Aspekten behandelt wird. Hinsichtlich der bereits genannten Schwerpunkte ist die Arbeit m. E. als anspruchsvoll und kreativ einzuschätzen.

Herr Haaf stellte mir seine Facharbeit nach ihrer Fertigstellung zur Verfügung und erlaubte ausdrücklich die Veröffentlichung in der vorliegenden Arbeit.

A. Filler