**Akkurate Lichtsimulation in 3D Modellen von Höhlen**

Ö. Yazici[1], D. Hoffmeister[2], S. Krömker[1]

[1]Interdisziplinäres Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen, Universität Heidelberg

[2]Geographisches Institut, Universität zu Köln

Die Analyse von Höhlen und Höhlenkunst ermöglicht es, die von Menschen genutzten Höhlen in verschiedene Zonen zu strukturieren. Mittels physikalisch korrekter Lichtsimulationen kann zusätzlich die Abschätzung der vergangenen Seherfahrungen und damit verbundenen Lebensbedingungen erfolgen. Zur Dokumentation der Höhlen in 3D in hoher Auflösung und anschließenden Analyse werden verschiedene Fernerkundungsmethoden verwendet. In diesem Beitrag wird das mit terrestrischem Laserscanning erstellte virtuelle 3D Modell der Ardales-Höhle in Südspanien genutzt, um Lichtverteilungen innerhalb der Höhle zu simulieren. Das Modell stellt die relevanten Bereiche in einer Auflösung von ca. 20cm dar und dient zur Rekonstruktion früherer Sicht- und Beleuchtungsverhältnisse.

Diese Höhle zeigt Hunderte von prähistorischen Bildern und an mindestens drei verschiedenen Standorten auch Funde von Talglampen. Deren bekannte und gemessene Position wird genutzt um authentische Lichtverteilungssimulationen durchzuführen. Diese Simulationen basieren auf dem Ansatz des Photon Mappings und weiteren statistischen und bidirektionalen Raytracing-Verfahren. Damit wird die physikalisch korrekte globale Beleuchtung über die Spektralwerte der Lichtquellen und allen Effekten der Lichtausbreitung mit Modellen der physikalischen Optik effizient berechnet. Die Umsetzung erfolgt in *PearRay*, einem in C++ von uns realisierten und über GitHup verfügbaren Raytracing Programm, das über ein Python Plug-in mit der freien Modellierungssoftware Blender kommuniziert. Dieser Raytracer simuliert die von Talglichtern bekannten Spektralwerte, die dann wiederum mit weiteren Python-Scripts im Anschluss an das Rendering analysiert werden.

RGB-Farbwerte sind von den jeweiligen Computereinstellungen und weiteren Faktoren abhängig. Um eine objektive Bewertung der Ergebnisse zu ermöglichen, werden die berechneten Spektralwerte daher in Falschfarben als Leuchtdichte [Candela/$m^2$] bzw. Bestrahlungsstärke [Watt/$m^2$] dargestellt. In der Analyse der Berechnungen können dann Bereiche des menschlichen Sehens voneinander getrennt dargestellt und somit Wandbereiche eingegrenzt werden, die bei der jeweiligen Beleuchtung gerade noch eine Farbwahrnehmung (photopisches Sehen) zulassen.

Die Ergebnisse passen zu früheren Berechnungen in RGB-Werten, lassen aber jetzt über die physikalischen Größen auch Antworten auf Fragen der Wahrnehmung zu. Die Studie zeigt, dass wahrscheinlich zusätzliche Lampen notwendig waren, um die Verzierung der Höhlenwände auszuführen. Da hier ein Open-Source-Ansatz gewählt wurde sind weitere Implementierungen anderer Lichtquellen und entsprechende Parametrisierungen einfach möglich.