

## Zusammenfassung

Durch eine Simulation der globalen Beleuchtung in virtuellen Umgebungen kann der Realitätsgrad von computergenerierten Bildern erheblich gesteigert werden. Existierende sequentielle Verfahren, welche die Wechselwirkungen der Beleuchtung von Objektoberflächen innerhalb einer Szene bei der Bildgenerierung berücksichtigen, sind gekennzeichnet durch eine große Daten- und Berechnungskomplexität. Die Entwicklung von effizienten datenparallelen Verfahren ermöglicht es, die Vorteile von Rechnersystemen mit verteiltem Speicher zu nutzen, um eine photorealistische Bildgenerierung unter Berücksichtigung globaler Beleuchtungseffekte auch in komplexen Szenen durchzuführen.

Das Hauptergebnis dieser Arbeit ist die Entwicklung von zwei neuen effizienten datenparallelen Radiosity-Verfahren zur Approximation der globalen Beleuchtung in hochgradig komplexen Modellen auf Basis des Progressive-Refinement-Ansatzes. Die beiden Verfahren basieren auf vollständig unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung von Formfaktoren sowie verschiedenen datenparallelen Ansätzen zur Berechnung von konvergierten Radiosity-Lösungen. Diese Unterschiede haben deutliche Auswirkungen auf die Effizienz der parallelen Berechnungen und die Qualität der Radiosity-Lösungen.

Die beiden parallelen Progressive-Refinement-Verfahren wurden dahingehend erweitert, daß Radiosity-Berechnungen in dynamisch veränderbaren Szenen durchgeführt werden können. Interaktive Manipulationen der Geometrie und der Materialeigenschaften von Objekten der Szene werden während der Beleuchtungssimulation berücksichtigt, indem inkrementell eine korrigierte Radiosity-Lösung bestimmt wird. Aufgrund der parallelen Berechnung einer korrigierten Lösung werden sehr kurze Anpassungszeiten erzielt. Die Auswirkungen von Szenenmodifikationen auf die globale Beleuchtung können somit visuell kontrolliert werden. Die vorgestellten parallelen Verfahren stellen einen Schritt in Richtung des Modellierungsparadigmas *Rendering while Modeling* dar, welches als wesentliche Verbesserung des bisher gültigen Paradigmas *Modeling then Rendering* zu betrachten ist.

Mit Hilfe von Verfahren zur Simulation globaler Beleuchtungseffekte soll ein möglichst großer Teil der Pfade berücksichtigt werden, die ein Photon nach dessen Emission durch eine Lichtquelle innerhalb einer Umgebung zurücklegen kann, bevor es von einer Oberfläche absorbiert wird. Auf diesen *Lichttransportpfaden* tragen die Photonen bei jeder Richtungsänderung, die durch Reflexion und Refraktion verursacht wird, zur direkten oder indirekten Beleuchtung der jeweiligen Objektoberflächen bei. Die im Rahmen dieser Arbeit vorgestellten parallelen Progressive-Refinement-Verfahren ermöglichen es, bei der globalen Beleuchtungssimulation sehr komplexe Lichttransportpfade zu simulieren. Durch die Berechnung von *erweiterten Formfaktoren* und der Durchführung einer *Zwei-Phasen-Simulation* werden erheblich mehr Beleuchtungseffekte berücksichtigt, als dieses mit der klassischen Radiosity-Methode möglich ist.

Die entwickelten parallelen Methoden wurden in ein Bildgenerierungssystem integriert, welches die Vorteile von Computersystemen mit spezieller Grafikhardware und Parallelrechnern mit verteiltem Speicher nutzt, um Anwendern eine interaktive Begehung korrekt beleuchteter virtueller Umgebungen zu ermöglichen. Das System wurde in Form einer modularen Client/Server-Architektur konzipiert.

Ein wesentlicher Nachteil von leistungsfähigen Parallelrechnern ist deren Preis. Dieses führt dazu, daß der Anwenderkreis solcher HPC-Systeme im allgemeinen auf die Großindustrie und Forschungseinrichtungen beschränkt ist. Aus diesem Grund wurde ein *Remote-Rendering-System* entwickelt, das die effizienten parallelen Methoden zur globalen Beleuchtungssimulation als Electronic-Commerce Dienstleistung über das Internet zugänglich macht. Die grundlegende Architektur des Remote-Rendering-Systems, dessen Komponenten sowie die typischen Anwendungsszenarios sind in dieser Arbeit beschrieben worden, um die praktische Relevanz der in dieser Arbeit behandelten Aspekte zu verdeutlichen.