

Problemstellung

Ein Problem in der Echtzeitgraphik ist die wachsende Menge der benötigten Texturen. Diese lassen sich oft nicht mehr komplett im Graphikspeicher oder nicht einmal im Hauptspeicher ablegen. Um diese Szenen dennoch darstellen zu können sind spezielle Methoden nötig, alle derzeitigen Lösungen sind aber nicht zufriedenstellend: Texturkompression bietet nur eine Speicheranforderungsverringerung um einen konstanten Faktor und mittels Textursynthese lassen sich nur spezielle Muster simulieren. Texturstreaming verfolgt den richtigen Ansatz - hier wird versucht, nur die Texturen zu laden, die zu jedem gegebenen Zeitpunkt benötigt werden. Aber die erreichten Speicherersparnisse sind zu gering, da auf der Granularität ganzer Texturen gearbeitet wird.

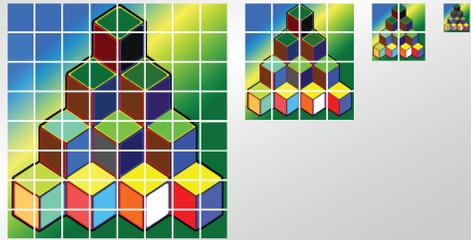
Ausserdem ist es oft nicht automatisch möglich festzustellen, wann wo welche Texturen benötigt sind. Gewünscht ist eine Methode, bei der der benötigte Texturspeicher nur von der Bildschirmauflösung und nicht von der Gesamtmenge der Texturen in der Szene abhängig ist, also eine output-sensitive Lösung. Diese gibt es aber bisher nur für Spezialfälle, z.B. Clipmapping ist ein etabliertes Verfahren für Terrains mit hochauflösenden Texturen. Mit Virtual Texturing wurde nun eine neue Lösung gefunden, die alle gewünschten Eigenschaften besitzt, nämlich Output-Sensitivität und Einsetzbarkeit bei beliebigen Szenen. Virtual Texturing unterteilt alle benötigten Texturen in kleine Teile und lädt immer nur die derzeit benötigten (sichtbaren) Teile.

Lösung

0.) Preprocessing

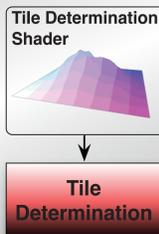
Als Vorverarbeitung werden die gesamten Texturen der Szene zu einer riesigen Textur kombiniert und in Teile aufgeteilt.

Virtual Texture (on the HD)



1.) Tile Determination

Zur Laufzeit wird mittels Spezialshader jeden Frame festgestellt, welche der hundertausendenden Teile vom derzeitigen Kamerastandpunkt sichtbar sind.

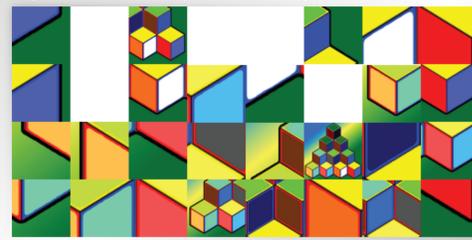


2.) Tile Streaming

Die (neuen) sichtbaren Teile müssen von der Festplatte geladen, dekomprimiert und auf der GPU gespeichert werden.

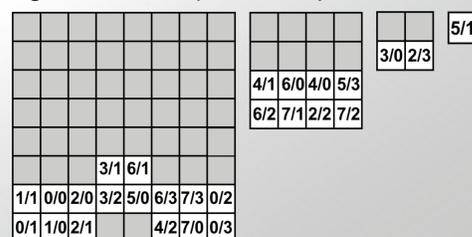
Die Physical Texture beinhaltet die Texturteile, die zum Rendern der Szene vom derzeitigen Kamerastandpunkt notwendig sind.

Physical Texture (on the GPU)



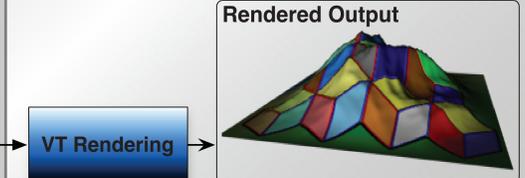
Die Pagetable Texture beinhaltet die Adressen von Texturteilen in der Physical Texture.

Pagetable Texture (on the GPU)



3.) Virtual Texturing Rendering

Zum Rendering wird der Virtual Texturing Shader benutzt, der die "Physical Texture" und die "Pagetable Texture" verwendet, um einen Output zu erzeugen so als ob die Virtuelle Textur tatsächlich komplett im Graphikspeicher vorhanden wäre. Konkret muss dazu eine Anpassung der Texturkoordinaten mit Hilfe der "Pagetable Texture" erfolgen. Durch das Nebeneinanderspeichern von unzusammenhängenden Texturteilen ergeben sich Artefakte sobald ein Texturfilter benutzt wird, welche jedoch mit verschiedenen Maßnahmen (Ränder, Gradientenanpassung, ...) behoben werden können.



Resultate

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde eine Virtual Texturing Implementierung namens "LibVT" entwickelt und für die Analyse der Qualität und Performance von Virtual Texturing herangezogen:

Qualität: Hauptgrund für Artefakte sind Texturteile die vom "Tile Streaming" nicht rechtzeitig bereitgestellt werden und damit ein Zurückfallen auf niedrigauflösende Teile verursachen. Das tritt jedoch nur bei durchschnittlich 0,01% aller Pixel auf.

Performance: Unsere Implementierung erreicht auf veralteter Hardware (GeForce 8800) zwischen 300 FPS (komplexe New York Szene) und 530 FPS (einfache Terrain Szene). Die Leistung ist stark abhängig von der Auflösung bei der Tile Determination.

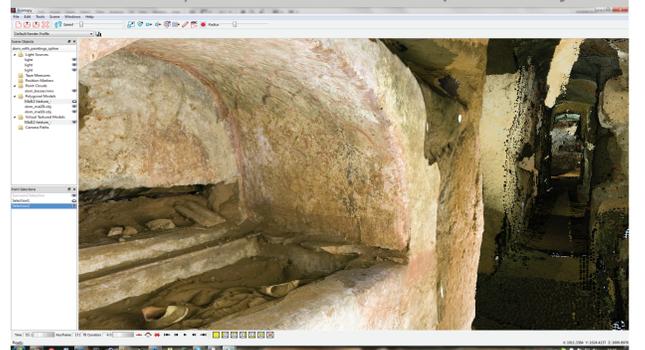
Resultate: New York

Die New York Szene mit mehr als 8 Millionen Dreiecken und ~19.500 Texturen (> 60 GB) dient als Anwendungsfall. Die Szene konnte bisher nicht zur Gänze dargestellt werden, jetzt aber mit über 200 FPS und geringen Artefakten gerendert werden.



Resultate: Terapoints

Die Integration von LibVT und OpenScenegrph ermöglicht das Rendern der Gräber mit hochauflösenden Bemalungen (derzeit 19 GB Texturen) inmitten der Domitilla Katakomben (mit 1.9 Milliarden Punkten visualisiert) im Rahmen des Terapoints Projekts.



Die New York Szene mit über 60 GB Texturen wird mittels Virtual Texturing mit über 200 FPS gerendert.

Schlussfolgerungen

Virtual Texturing ist eine Lösung für die Echtzeitdarstellung von Szenen mit sehr hohen Texturanforderungen. Die Analysen zeigen, dass Virtual Texturing zur Laufzeit geringe visuelle Artefakte aufweist und dabei sehr hohe Frameraten ermöglicht. Grundsätzlich ist Virtual Texturing für alle Anwendungen geeignet, die sehr hohe Texturanforderungen haben, sogar wenn die Szenen bisher gar nicht dargestellt werden konnten. Zusätzlich ist Virtual Texturing für Anwendungen interessant, die gerne hohe Texturmengen benutzen würden, aufgrund der bisherigen Limitierungen diese Texturvielfalt derzeit aber nur simulieren können (z.B. Computerspiele simulieren "Unique Texturing" mittels Texturwiederholungen und Texturüberblendungen).