

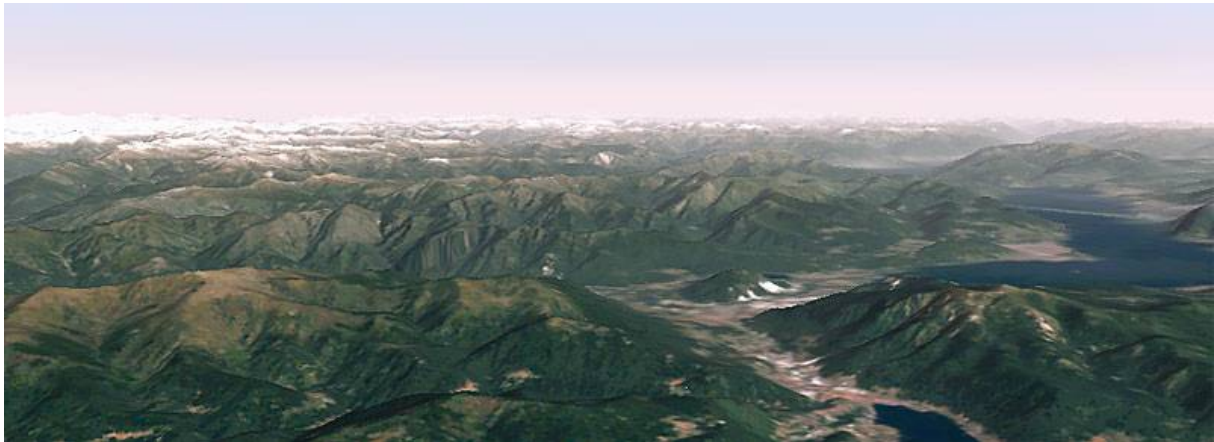
# Kantenanpassung bei Level Of Detail – Landschaften

Volker Walkiewicz  
[volker.walkiewicz@triangraphics.de](mailto:volker.walkiewicz@triangraphics.de)

© TrianGraphics 2005  
[www.triangraphics.de](http://www.triangraphics.de)

## Einleitung

Die Echtzeitvisualisierung großer Landschaften beispielsweise in Flugsimulatoren stellt hohe Anforderungen sowohl an das Visualisierungssystem als auch an die Landschaftsmodelle. In der Regel werden Level Of Detail (LOD) Verfahren eingesetzt, um eine flüssige Darstellung großer Modelle zu gewährleisten. Es gibt Verfahren, welche zur Laufzeit funktionieren und solche, die auf Vorberechnungen der Landschaftsmodelle beruhen.



*norditalienische Alpen*

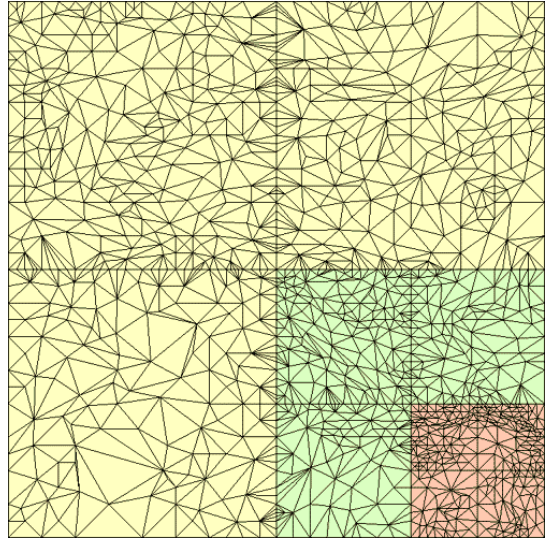
Oft werden die Modelle in einem Standardformat wie OpenFlight erzeugt, damit sie auf allen Systemen eingesetzt werden können, die diesen Standard unterstützen. In diesem Fall sind Laufzeit-LOD-Verfahren nicht sinnvoll, da sie auf speziellen Features der Applikation beruhen. Für den Einsatz von LOD auf standardisierten Systemen ist eine Vorverarbeitung der Landschaftsmodelle notwendig.

Wir verwenden Quadrees bestehend aus vorberechneten statischen Geometriemeshes und Texturen. Da jedes Geometriemesh separat berechnet wird, bestehen zwischen benachbarten Meshes Lücken (Cracks). Diese Cracks können zu visuellen Artefakten führen. Wir verwenden ein neues Verfahren zur Vermeidung dieser Artefakte.

## Quadrees für LODs

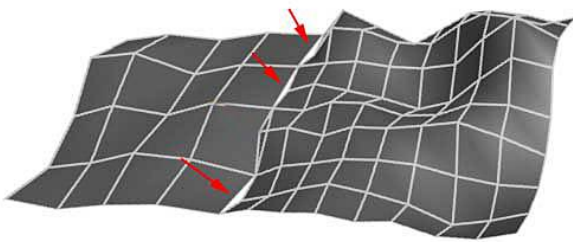
Unsere Landschaften bestehen aus aneinander liegenden Kacheln. Diese Kachelung unterstützt Pagingverfahren und Cullingverfahren, welche von der Visualisierungssoftware eingesetzt werden. Jede Kachel ist als Quadtree aufgebaut. Das Geometriemesh an der Wurzel des Quadtrees repräsentiert die Landschaft in einem niedrigen Detailgrad. Dieses Mesh wird im nächsthöheren Level Of Detail in vier Meshes aufgesplittet. Jedes dieser Meshes repräsentiert seinen Anteil an der Landschaft in einem höheren Detailgrad.

Dieses Aufsplitten setzt sich fort, bis die Anzahl der vorgesehenen Levels erreicht ist.



*Landschaftskachel mit 3 LOD*

## Cracks an Mesh-Kanten



*Cracks am Kantenrand zwischen 2 LOD*

Da jedes Mesh separat erzeugt wird, können sich benachbarte Meshes an der gemeinsamen Kante unterscheiden. Es entstehen Lücken im Landschaftsgitter, sogenannte Cracks.

Diese Lücken können bei der Visualisierung Artefakte erzeugen. Es existieren mehrere Verfahren, diese Artefakte zu vermeiden. Verfahren zur Laufzeit sind spezifisch für eine

Visualisierungssoftware und scheiden auf Standardsystemen aus. Unter den Verfahren, die eine Vorberechnung erfordern, ragt der SmartMesh™-Algorithmus von Terrex als elegantestes heraus. SmartMesh benutzt zusätzliche Polygone, um Meshes verschiedener LOD nahtlos zu verbinden. Das visuelle Ergebnis ist sehr gut, wird aber mit zusätzlichen Polygonen und einem vergrößerten Szenegraphen bezahlt. Da das Verfahren patentiert ist, scheidet es für viele Anwendungen aus.

Andere Verfahren füllen die Lücken mit einzelnen Polygonen oder Meshes aus, wobei eine korrekte Texturierung der zusätzlichen Geometrie kompliziert ist.

Da diese Verfahren zusätzliche Geometrie erzeugen, visuell nicht überzeugend sind oder einem Patent unterliegen wurde ein neuer Ansatz entwickelt, der diese Nachteile nicht bzw. nicht in diesem Umfang aufweist.

## Höhenanpassung der Meshkanten als neues Verfahren



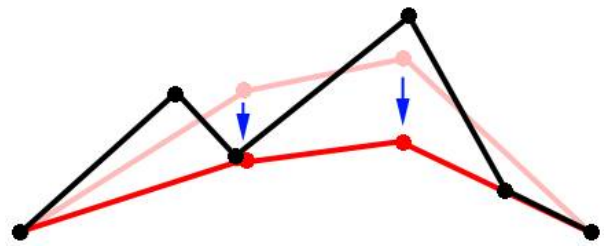
Voraussetzung für den Algorithmus ist, dass benachbarte Terrainkacheln die gleiche Anzahl an LOD besitzen und die jeweiligen Umschaltdistanzen gleich sind.

Ist in der Applikation die Kamera über einer Kachel positioniert, so besitzen unter den gegebenen Voraussetzungen die

Nachbarkacheln den gleichen oder einen niedrigeren LOD. Um zu vermeiden, daß von dieser Position Kantencracks zu sehen sind, müssen die vorhandenen Lücken beseitigt werden.

Dazu werden die benachbarten Kanten desselben LOD in der Höhe einander angeglichen. Als Resultat der Angleichung besitzen benachbarte Kanten desselben LOD identische Vertices und damit einen identischen Verlauf.

Besitzt die Nachbarkachel einen niedrigeren LOD, greift ein anderes Verfahren. Für die Kantenvertices der Nachbarkachel, welche eine sichtbare Lücke hervorrufen, werden die Höhenwerte manipuliert. D.h. die Vertices werden abgesenkt, bis die Lücke nicht mehr sichtbar ist. Bei großen Höhenunterschieden zwischen den Kanten treten visuelle Diskontinuitäten an den Texturübergängen auf. Durch Einfügen zusätzlicher Kantenpunkte in der niedrigeren LOD lassen sich diese Effekte minimieren.



*Drahtgitter der fertigen Landschaft mit angepasster Kante*

Sind für ein Terrain alle Kanten nach diesem Verfahren bearbeitet, gilt für alle Kamerapositionen, daß die Kanten der entfernteren Kacheln auf gleicher Höhe oder unterhalb der Kanten der näherliegenden Kacheln liegen. Vorhandene Kantenlücken weisen damit von der Kamera weg und sind nicht mehr sichtbar.