

# Google Earth @ Home

Visualisierung einer virtuellen Weltkarte auf Basis rekonstruierter Topologieinformation aus öffentlichen GIS-Daten (Contourlines) und weiteren verfügbaren Quellen (öffentliche Satellitenbilddienste, GIS Vektordaten)

**Computergrafik Praktikum – FU-Berlin - Wintersemester 2006/2007**

Philipp Holzschneider ([philipp.holzschneider@inf.fu-berlin.de](mailto:philipp.holzschneider@inf.fu-berlin.de))

Sebastian Ihlefeld ([sebastian.ihlefeld@inf.fu-berlin.de](mailto:sebastian.ihlefeld@inf.fu-berlin.de))

## 1. Disc World Visualisierungs Demo

Eine aus verfügbaren Datenquellen konstruierbare Topologie, kann aufgrund ihrer im Prinzip unbeschränkten Größe und Detailtiefe nicht im ganzen als 3D-Geometrie visualisiert werden [1]. Für einen Betrachter eines Szenarios erschließt sich aber ohnehin nur ein Bruchteil der darstellbaren Inhalte aufgrund seines eingeschränkten Sichtbereichs (FoV) und Auflösung. So bietet es sich an, aus den Datenquellen in Echtzeit eine Ersatzgeometrie speziell für den Blickbereich des Betrachters und im Rahmen der verfügbaren Rechenkapazität zu erzeugen und anzuzeigen [2].

Die besondere Schwierigkeit in unbeschränkter echtzeit Terrain-Visualisierung besteht also maßgeblich darin, für einen gegebenen Betrachtersichtbereich aus einem virtuell in Detailtiefe und Ausdehnung unbegrenzten Szenario, effizient eine scharfe Untermenge, an tatsächlich sichtbaren und hinreichend detaillierten Terraingemetrien, Oberflächenstrukturen und -auszeichnungen, zu extrahieren/generieren und zu visualisieren.

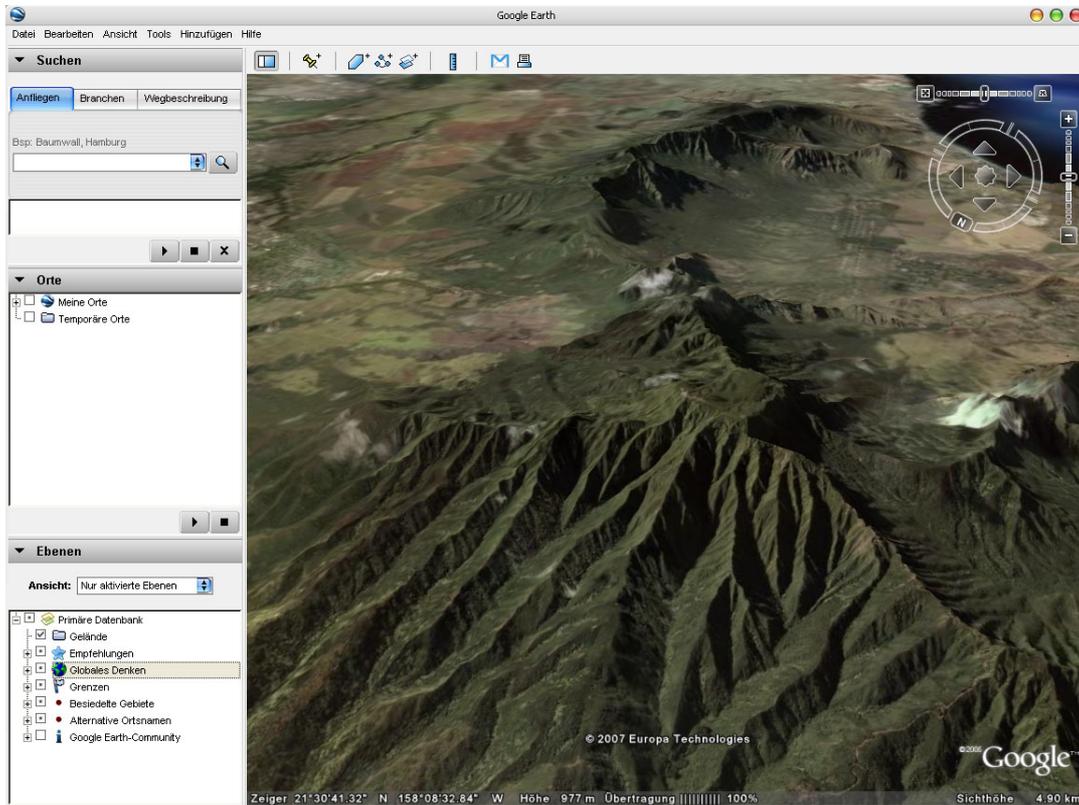
Ein (den Usernavigationsgewohnheiten angepasstes) Ressource-Management ermöglicht es dabei einmalig generierte Geometrielemente wiederzuverwenden und die Generierung auf neu in den Blickbereich eintretende Abschnitte zu beschränken. Um noch zusätzlich einen unterbrechungsfreie Betrachternavigation gewährleisten zu können, müssen alle verrichteten Arbeiten, an der real dargestellten Geometrie nebenläufig zur eigentlichen Anzeige und Navigationssteuerung ausgeführt werden [2].

Die Visualisierungs Demo "*Disc World*" vereinigt exemplarisch alle wesentlichen Strategien zur übergangslosen Echtzeitvisualisierung einer virtuellen topologischen Weltkarte bestehend aus Höhen- und Texturrasterdaten und beliebigen Shape-Vektordatenquellen zur Oberflächenauszeichnung, und reiht sich damit als Java Projekt zur Veranstaltung Computergrafikpraktikum '07 in die Liste der virtuellen Weltkartenvisualisierungssysteme nach dem Schema von *Google Earth* und *Microsoft Virtual Earth* ein [2].

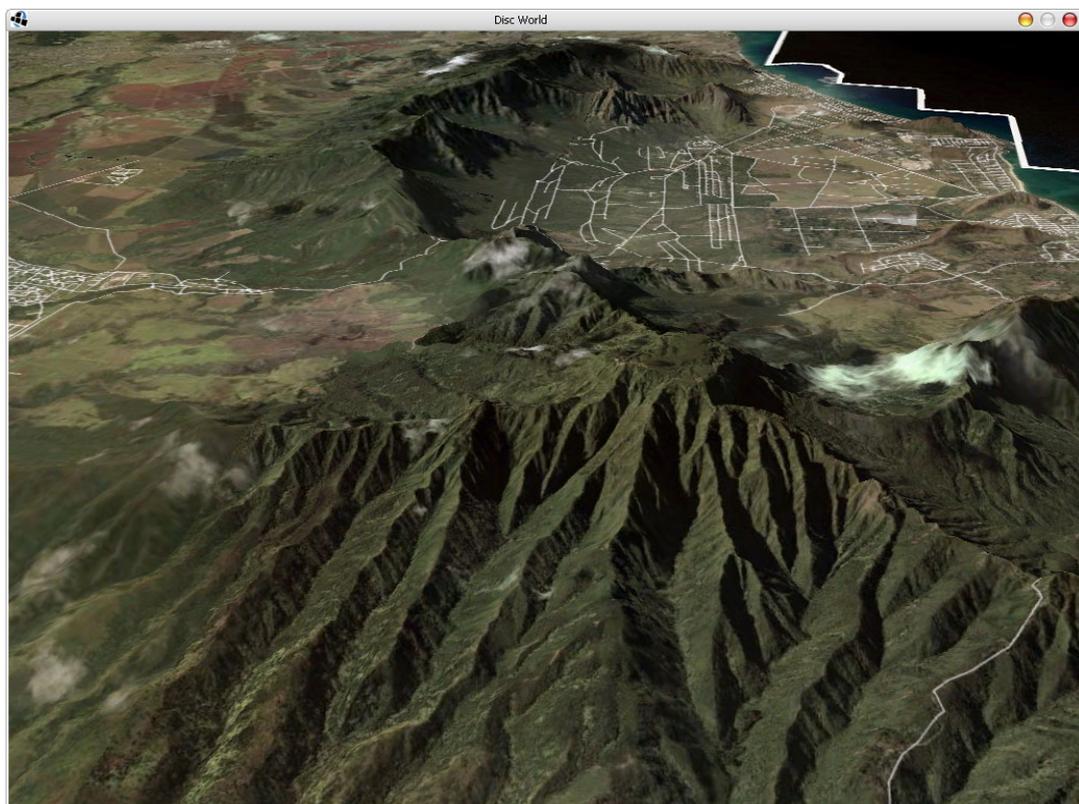
Zum Einsatz kommen im Einzelnen:

- Kameraabhängige dynamische Adressierung der Terraindetailgeometrie über einer, die Weltkarte in Quadranten bzw. Kacheln (tiles) unterteilende Quadtree-Struktur.
- auf Nachfrage (on-demand) nebenläufige Generierung der darzustellenden
  - ... Geometriekacheln, aus einem lokalen Satz an vorproduzierten Höhenrastekacheln.
  - ... Texturkacheln, aus einer online Satellitenbild-Texturdatenbank (hier *Microsoft Virtual Earth*)
  - ... Auszeichnungstexturkacheln (decals), erzeugt aus geladenen und vorverarbeiteten Shape-Geometriedaten
- Geometrie- und Texturspeicherfixierung/-begrenzung durch Management eines festen Pools an vorallokiertem Geometrie- bzw. Texturspeicher (Display-List/Texture Pooling)
- Java2D(tm)-Rendering auf die gesamte virtuelle Weltoberfläche zur Visualisierung von Geländeausschnitten beigefügter Shape-Geometriedaten.
- Kamerasteuerung der Vogelperspektive nach *What-you-see-is-what-you-drag* - Prinzip

Zur Ansteuerung der OpenGL-Schnittstelle wird die freie Java-OpenGL-Bindung *LWJGL 1.0* verwendet. Die generierte Geometrie und der dargestellte Detailgrad sind für Rechnerysteme der auslaufenden Generation optimiert (20fps @ ~1GHz, 64MB Chipsatz Grafik i830M ohne Hardware T&L/Shader). Die Darstellungsqualität des Terrains liegt mit aktuellen kommerziellen Implementationen auf Augenhöhe.



Original



und Fälschung

## 2. Installation und Bedienung der zu Projektschluss eingereichten Demoanwendung *Disc World*

Das dem Projekt zugehörige JAR-Archiv beinhaltet alle nötigen Quellcodes und Binärdateien. (Die Klasse mit der ausführbaren main-Methode ist: `battlegis.globe.DiscElevatedDecal`). Separat erhältlich ist eine OS-abhängige Version der OpenGL-Bindung LWJGL.

Als reine Demoanwendung arbeitet "*Disc World*" in einer fest vorgegebenen Laufzeitumgebung:

- Die Startparametersyntax ist

```
java -cp "... " battlegis.globe.DiscElevatedDecal <ShapeFile> <QuadPath>
```

<ShapeFile> Pfadangabe auf ein einzulesendes Shape File

<QuadPath> Pfad zum dargestellten Wurzelquadranten im Weltkarten-Quadtree, kodiert in einer Ziffernzeichenkette (0 für links-oben, 1 für rechts-oben, 2 für links-unten, 3 für rechts-unten).

- Ohne Startparameter ausgeführt verweist zu Demonstrationszwecken der voreingestellte Kartenquadrant auf die Hawaii-Inseln ("022"). Das (obligatorische) Shape File ist die Straßenkarte von Oahu ("resources/hawaii/oah\_streets.shp/oah\_streets.shp").
- Als Satellitenbilddienst wird *Microsoft Virtual Earth* verwendet. Der automatische Download darzustellender Satellitenbilder verwendet die Satellitenbilddatenbankadresse

<http://a0.ortho.tiles.virtualearth.net/tiles/>

Ohne verfügbare Internetverbindung wird der Satellitenbilddienst gestoppt.

- Alle einmal heruntergeladenen Satellitenbilddaten werden im lokalen Verzeichnis `temp/` zwischengespeichert. Bereits im Verzeichnis abgelegtes Bildmaterial wird aus der Internetdatenbank ladbaren Bildmaterial vorgezogen. Zu Demonstrationszwecken ist der CD-Version der Projektabgabe der zur Entwicklungszeit akkumulierte Bildercacheinhalt unter `temp/` hinterlegt. Die Satellitenbilddateinamen haben die Gestalt "`a<path>.jpg`", mit `<path>` als Ziffernzeichenkette die den Pfad im Weltkarten-Quadtree spezifiziert.
- Alle zu verwendenden Topologierasterkacheln werden im lokalen Verzeichnis `temp/` erwartet. Das Höhenbildmaterial verteilt sich auf Dateien der Gestalt "`c<path>.png`", mit der Standardauflösung 32x32 Pixel. Die Bildauflösung entscheidet über die Auflösung der generierten Geometrie für einen Quadranten. Ein Intensitätswert im Bild korrespondiert dabei mit einer Höhendifferenz von 30ft (~10m).

Zu Demonstrationszwecken sind aus Shape-Contourlines rekonstruierte Topologie-rasterkarten der Hawaii-Inseln Oahu und Hawaii in den Auflösungstiefen (Quadrantenpfadtiefen) 13 bis 17 hinterlegt (mit Pfadtiefe 0 als gesamte Weltkarte).

Die Demoanwendung unterstützt keine online Datenquelle für Topologiebildmaterial.

- *Disc World* erzeugt ein OpenGL-Fenster mit der Auflösung 1024x768. Die vorgegebene Auflösung kann nicht durch Startparameter verändert werden. Nicht auf allen Systemen ist die vorgewählte Auflösung bzw. Fensterdarstellungsoption verfügbar.
- Nach dem Start zeigt das Fenster den gewählten Wurzelquadranten mit der entsprechenden Geometrie und Oberflächentexturdetailtiefe. Die Kamera wird mit der Maus gesteuert.

Linke Maustaste gedrückt halten verschiebt die Weltkarte mit der Mausbewegung, als würde man den virtuellen Boden greifen und mit der Maus verschieben.

Rechte Maustaste gedrückt halten rotiert die Weltkarte durch Mausbewegung um den Bodenpunkt auf den die Kamera gerichtet ist.

Mittlere Maustaste gedrückt halten gleitet durch Mausbewegung zum Bodenpunkt auf den die Kamera gerichtet ist.

### 3. Shape Elevation Tile Generator Tool

Die Visualisierungsdemo Disc World generiert die tatsächlich dargestellte Terrängeometrie aus Höhenrasterkarten (hinterlegt als Höhenbilddateien, ausgezeichnet durch ihren Quadrantenpfad im Weltkartenquadtree). Das Shape Elevation Tile Generator Tool dient zur Rekonstruktion der Höheninformationen aus öffentlich verfügbaren Shape-Contourline Daten und Aufbereitung der gewonnenen Rasterdaten in einzelne Quadranten. [3]

Shape Elevation Tile Generator Tool leistet folgende Verarbeitungsschritte:

- Java basierter ShapeFile-Binärparser
- Transformation der ShapeFile-Daten in das Mercator-Koordinatensystem, als gemeinsame Koordinatenbasis des Weltkartenquadtree, wie es auch von anderen öffentlichen Datenquellen verwendet wird (Satellitenbilddienste, Wetterkartendienste)
- Rekonstruktion der Konturlinien aus unzusammenhängenden oder nur visuell zusammengesetzten Linienfragmenten
- sequentielle Rasterisierung der gewonnenen Konturdaten im *Raster-Step-Intersection*-Verfahren zur Gewinnung eines Höhenrasters aus ungeschlossenen und unzuverlässig rekonstruierten Konturdaten.
- Generierung der Einzelquadranten aus dem Höhenraster für eine einstellbare Quadrantenpfadtiefe im Weltkartenquadtree.

In der gegenwärtigen Implementation unterliegt das Tool den folgenden Einschränkungen:

- Es werden nur ShapeFile Vektordaten eingelesen und verwendet. Die in vielen Fällen beigelegten Metadaten, über die Ausrichtung, Messungenauigkeiten und verwendete Koordinatenbasis im Ascii-Format oder Auszeichnungsdaten im dBase-Format werden nicht berücksichtigt. So geht das Tool in der jetzigen Version von Geokoordinaten im UTM-Format aus und bietet manuelle Einstellungsoptionen zur Konfiguration der UTM-Koordinatenbasis.
- Das Raster-Step-Intersection-Verfahren erlaubt es unvollständige Vektordaten zu Rasterisieren, benötigt allerdings einen Pivotpunkt mit bekannten Höhendaten. Das Tool bietet in der derzeitigen Fassung keine Möglichkeiten zur manuellen Platzierung dieses Pivotpunktes. Als Pivotpunkt wird der Koordinatenursprung des eingelesenen ShapeFiles als tiefster Punkt der Karte mit der Höhe `0ft` angenommen. Damit eignet sich diese Version mit einigen Ausnahmen nur zur Rasterisierung von Inseln oder Küstenregionen bei denen die Annahme über den Pivotpunkt zutrifft.
- Eine Konturlinie wird als Höhengsprung von 100ft (~30m) interpretiert.
- Die gewonnen Rasterdaten werden mit doppelter Genauigkeit (8Byte per Sample) abgespeichert. Die derzeitige Implementation bietet keine Unterteilung der Rasterdatengewinnung, so ist die frei wählbare Größe des Rasters limitiert durch den verfügbaren System Speicher. (Hinzu gerechnet muss die Speicherauslastung der eingelesenen und aufbereiteten Shapedaten). In der Praxis zeigt sich zur Rasterisierung der 100ft-Konturdaten der Insel Oahu (~300MB in eingelesener Form) und der Rasterisierungsauflösung von 7345 x 5422 (~300MB Rasterdaten) eine Speicherauslastung von 700-800MB.
- Die aus den Rasterdaten erzeugbaren Höhenrasterquadranten, ergeben sich aus einer Unterteilung des Master-Rasters in das Quadrantensystem des Weltkartenquadtrees. Dabei werden anliegende oder bereits vorhandene Höhenbilddateien überlappender Karten nicht berücksichtigt.

Shape Elevation Tile Generator Tool ist demnach eine Experimental- / Demoanwendung, die die entwickelten Verfahren zur Verarbeitung unzuverlässiger Shape-Konturdaten in einer einfachen GUI vereinigt. Das Tool eignet sich in dieser Form nicht zur generellen Verarbeitung verfügbarer Konturdaten zur kommerziellen Erstellung einer Höhenkartendatenbasis.

#### 4. Bedienung der zu Projektschluss eingereichten Demoanwendung *Shape Elevation Tile Generator*

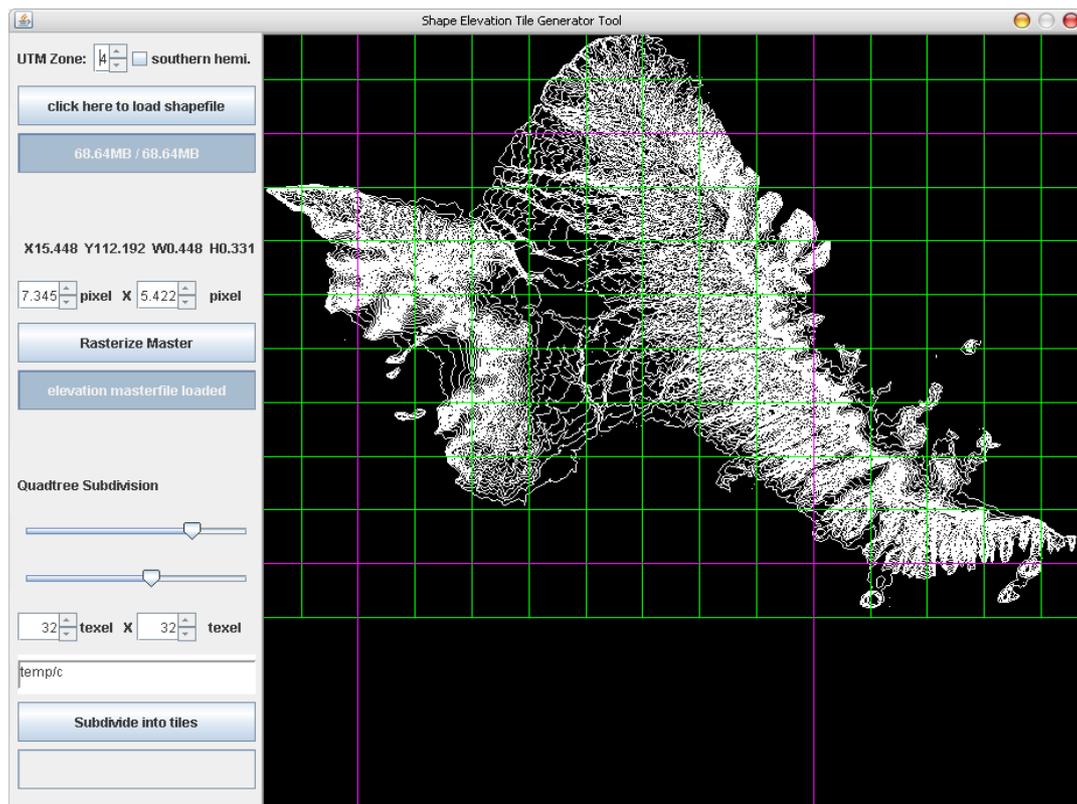
Das dem Projekt zugehörige JAR-Archiv beinhaltet alle nötigen Quellcodes und Binärdateien. (Die Klasse mit der ausführbaren main-Methode ist: `battlegis.ShapeElevationTileGenerator`). Es wird keine separat erhältliche Bibliothek eingesetzt.

- Die Startparametersyntax ist

```
java -Xmx<HeapSize>M -cp "...\" battlegis.ShapeElevationTileGenerator
```

<HeapSize> Maximale Größe des Java Heaps in Megabytes (für größere Produktionen bis 768)

- Der Ladevorgang liest ein gegebenes ShapeFile ein und interpretiert die Koordinaten als UTM-Koordinaten mit den manuell einstellbaren Parametern "UTM Zone" und "Hemisphere". Die Vorschau zeigt die bereits geladene Geometrie in den im ShapeFile ausgezeichneten Geometriegrenzen. Die angegebenen Geometriegrenzen sind die Koordinaten im Weltkartenquadrantenmodell.
- Die vorgegebene Rasterisierungsauflösung entspricht der Auflösung 2.000.000 x 2.000.000 des Wurzelquadranten der Weltkarte
- Der angeworfene Rasterisierungsprozess erzeugt nach Abschluss eine Rasterdatenausgabedatei neben dem ursprünglich eingelesenen ShapeFile, mit der Namensweiterung ".elevations". Wird das ShapeFile erneut geladen wird automatisch die Rasterdatenausgabedatei mitgeladen.
- Die Pfadtiefe der Quadrantenunterteilung im Weltkartenquadtree kann mit den Slidern eingestellt und in der Geometrievorschau überprüft werden. Die violette Quadrantenunterteilung zeigt die Quadrantengröße der Startunterteilungstiefe, die grüne Quadrantenunterteilung die Zielunterteilungstiefe. Alle Höhenrasterkartenquadranten zwischen (inklusive) diesen Auflösungsgrenzen werden im Unterteilungsvorgang erzeugt und abgespeichert.
- Die Auflösung der erzeugten Quadranten bestimmt die Geometrieauflösung in der Visualisierungsdemo *Disc World*. In den vorgenerierten Quadranten für die Inseln Oahu und Hawaii wurde durchgehend die Auflösung 32x32 verwendet.
- Die Eingabebox bietet die Möglichkeit den Namensprefix der generierten Höhenbildrasterkarten zu definieren. So erzeugt die Vorgabe `temp/c` Höhenbildrasterdateien der gestalt `c<path>.png` im lokalen Unterverzeichnis `temp/`, mit `<path>` als Ziffernzeichenkette die den Pfad im Weltkarten-Quadtree spezifiziert



## 5. Referenzen

- [1] Angewandte Geokoordinatensysteme in öffentlichen Satellitenbild Datenquellen  
*Philipp Holzschneider, Sebastian Ihlefeld: Computergrafik Praktikum FU-Berlin 2007*
- [2] Dynamische Konstruktion und Visualisierung einer unbegrenzten Terraingometrie  
*Philipp Holzschneider, Sebastian Ihlefeld: Computergrafik Praktikum FU-Berlin 2007*
- [3] Contourline Extraktion aus öffentlich verfügbaren GIS Daten im Shape File Format  
*Philipp Holzschneider, Sebastian Ihlefeld: Computergrafik Praktikum FU-Berlin 2007*

(Titel der Referenzpapers noch nicht final)