Grundlagen der Spieleprogrammierung

Teil I: 3D-Graphik

Kapitel 4: Die Realität DirectX und OpenGL (Übersicht)

Peter Sturm
Universität Trier

Outline

Einordnung

- Raytracing als Darstellungsmethode für 3D-Echtzeit unrealistisch
  - Enorm hoher Aufwand

$$O(\#Pixel \cdot \#Objekte \cdot \#Lichtquellen)$$

- Ausgangspunkt 3D-Szene
  - Welche Objekte sind auf dem Bildschirm sichtbar?
  - Ggf. Clipping
  - Aufwand hängt von Szenenkomplexität und Detaillierung ab

$$O(\#Objekte \cdot \#Lichtquellen)$$

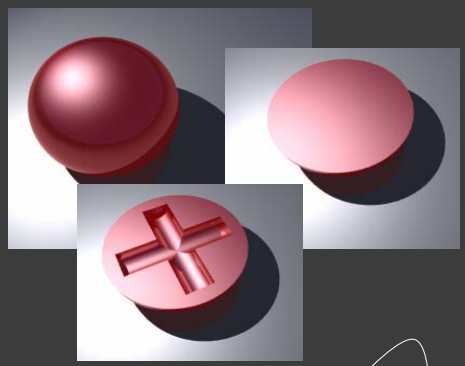
3D-Pipeline

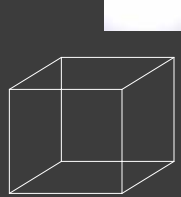
- Photorealismus häufig unnötig
- Vereinfachung
  - Keine exakte Lichtberechnung
  - Keine Reflektionen/Refraktionen
- Tricks
- Reine Softwarelösung
  - CPU berechnet alle Schritte
  - Leistungsfähige CPU notwendig
- Hardware-Beschleunigung
  - Wesentliche Schritte übernimmt Spezial-Hardware

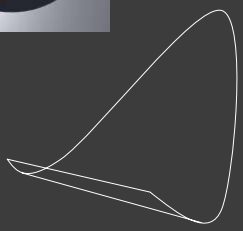
Aufgaben der CPU

1. 3D-Modellierung

- Beschreibung der 3D-Szene
- Volumenorientiert (CSG)
  - Elementarvolumina: Quader, Zylinder, Kugel, ...
  - Mengenoperationen
- Flächenorientiert
  - „Patchwork"
  - Reguläre Flächen
    - Polygone
    - Dreiecke
  - Freiformflächen
    - Bezierkurven
    - Splines





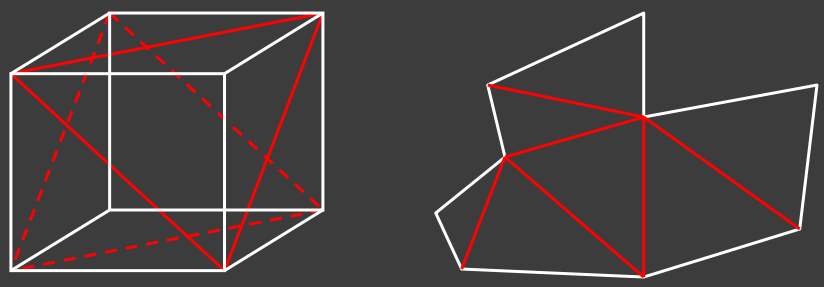


Retained- und Immediate-Mode

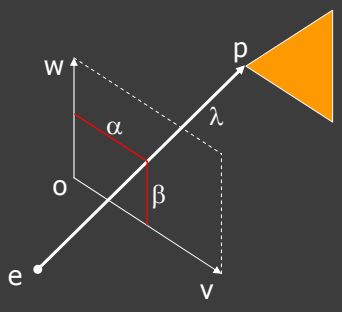
- 3D-Laufzeitumgebungen unterscheiden zwei Modi
- Retained Mode
  - 3D-Modell wird in der Umgebung gespeichert und verwaltet
  - Zugriff ähnlich einer Hauptspeicher-DB
  - Implizite Umsetzung
- Immediate Mode
  - 3D-Modell Bestandteil der Anwendung
  - Aufruf aller notwendigen Zeichenoperationen
  - Explizite Umsetzung
- OpenGL, DirectX realisieren nur Immediate Mode
  - Retained scheint aber anstrebenswertes Ideal

2. Tessellation / Triangulation

- 3D-Hardware unterstützt nur bestimmte Elementarflächen
  - Z.B. nur Dreiecke
- Umwandlung des 3D-Modells in Elementarflächen
  - Bei regulären Flächen einfach
  - Triangulation der Freiformflächen aufwendiger
- Hohe Auflösung = Viele Dreiecke = Hoher Rechenaufwand



3. 2D-Projektion



$$\begin{pmatrix} o_x \\ o_y \\ o_z \end{pmatrix} + \alpha \cdot \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{pmatrix} + \beta \cdot \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \\ w_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix} + \lambda \left(\begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} e_x \\ e_y \\ e_z \end{pmatrix} \right)$$

- Sichtbarkeit einzelner Dreiecke?
- Ort in der 2D-Projektion?
- Lösung eines linearen Gleichungssystems für jeden Punkt der Szene
  - α und β: Ort und Sichtbarkeit
  - λ Tiefeninformation
- Effizienz des Lösungsverfahrens
  - Faktor 10-20 in der Laufzeit
- Probleme
  - Teilweise sichtbare Dreiecke
  - e innerhalb eines Objekts

Schnittstelle CPU und GPU

- Leistungsengpaß
  - Benötigter Speicherdurchsatz
    - n Anzahl der Dreiecke
    - Punktgröße: 3 Floats/Double, Farbinformation, …
    - Fps: Frames per Second
  - Beispiel: n=20000, Punkt=3*8 Byte, 2 Byte Zusatz, 50 fps
    - Ca. 85 Mbyte/s Durchsatz

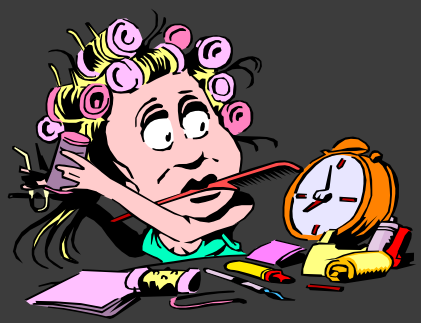
$$TP = n \cdot 3 \cdot |Punkt| \cdot fps$$

- Konsequenz
  - Unsichtbare Dreiecke vorher identifizieren
  - Redundanzen minimieren

Aufgaben der 3D-Hardware

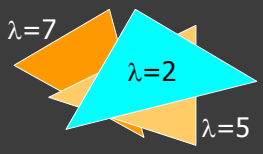
4. Finish

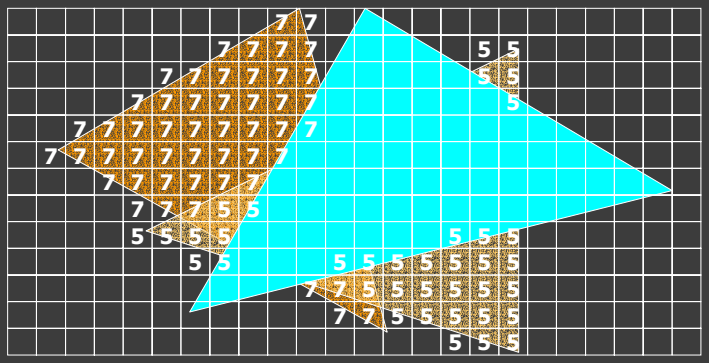
- Z-Buffer
  - Tiefeninformation
- Dreiecksflächen füllen
  - Farbe
  - Texturen
- Schatten
- Transparenzeffekte
- Nebel
- Anti-Alias
  - Kantenglättung
- ...



4. Tiefeninformation: Z-Buffer

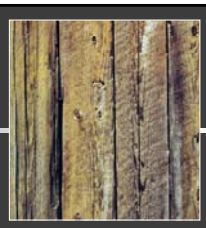
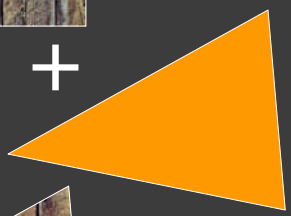
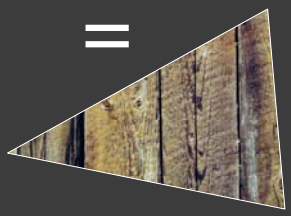
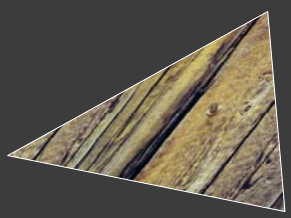
- Einfaches Beispiel: Dreiecke parallel zur Projektionsfläche
- Auflösung des Z-Buffers (16 oder 32 Bit)





Texturen

- „Bekleben" der Dreieckfläche
  - Wiederholung derselben Textur bei großer Fläche (Tiling)
  - Große Texturen wünschenswert
    - Viel Speicher
    - Komprimierung
- Photos häufig Ausgangspunkt

- Perspektivische Korrektur abhängig von Tiefeninformation

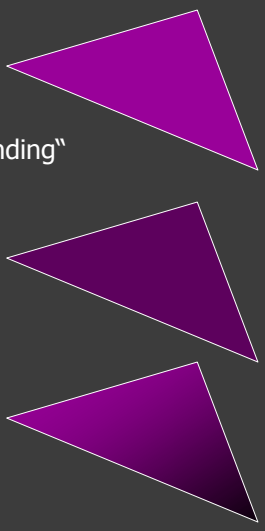
Texturen 2

- Mip-Mapping
  - Unterschiedlich aufgelöste Texturen
  - Wahl entfernungsabhängig

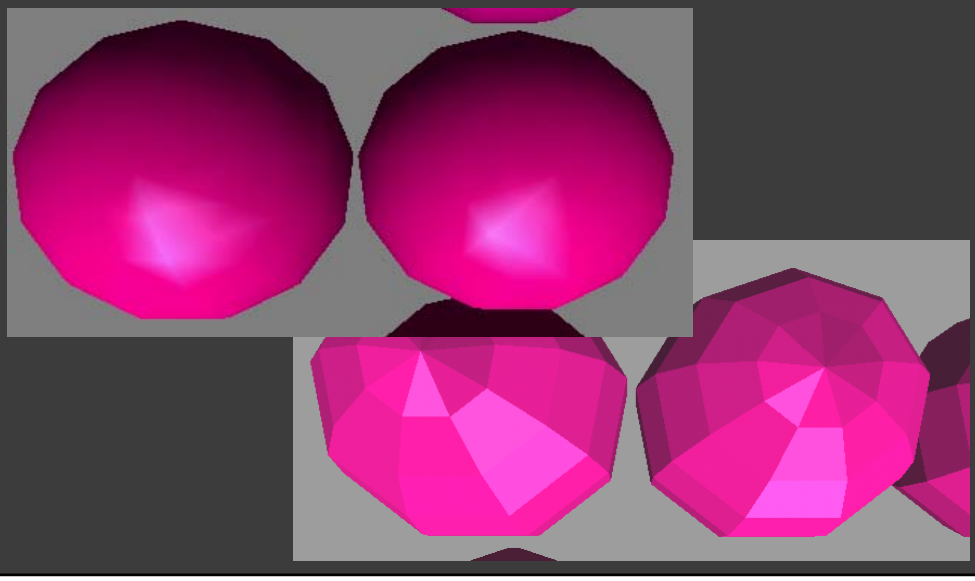
- Bump Mapping
  - Textur ist Höhenfeld
  - Kombination mit Shading
  - „Rauhe Oberfläche"
- Environmental Mapping
  - Texture wird dynamisch aus der Umgebung berechnet
  - Spiegelungen

Schatten

- Licht ...
  - Lichteinfluß auf Fläche berechnet CPU
  - Zusätzliche Texturen bestimmen Lichtwirkung
  - Transparente Leuchteffekte durch „Alpha-Blending"
- ... Und Schatten
  - Einzelne Dreiecke sind abgedunkelt
- Einfaches Shading
  - Einheitliche Abdunklung
- Gourad Shading
  - Iterative Zunahme der Abdunklung
  - Ausgangspunkt



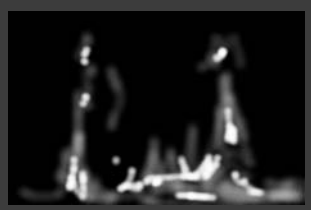
Beispiel: Spheres



Transparenz

- Überlagerung zweier Bilder
  - Hintergrundbild
  - Eingeblendetes Vordergrundbild
- Alpha-Blending
  - Alphawert pro Pixel

$$P_{Gesamt} = P_{HG} + \alpha \cdot P_{VG}$$


Alpha

Ausgabe

- Sauberer Wechsel zwischen Einzelbildern
  - Double-Buffer, Triple-Buffer, …
  - Steuerung über VSYNC

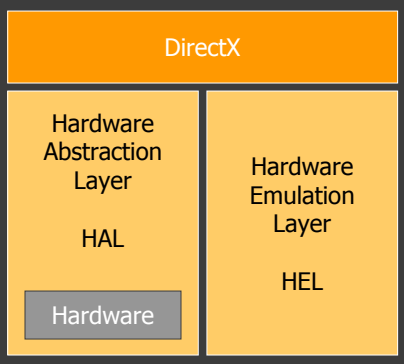
Trends

- Ziel Auslastung CPU und GPU jeweils 100%
- Trend
  - Aktuell mehr Steigerungspotential in der GPU
    - Parallelisierbarkeit der Abläufe
  - Verlagerung der Schnittstelle nach oben
    - z.B. Lichtquellen in HW (zuerst 8, …)
    - Ansätze für Retained Mode
- Ausführliche Diskussion im Kapitel Hardware

Microsoft DirectX

DirectX

- Laufzeitunterstützung für multimediale Anwendungen
  - Direkter Zugang zu HW-Funktionalität
  - Trotzdem hohe Kompatibilität
- Eigenentwicklung von Microsoft
  - In Zusammenarbeit mit diversen HW-Herstellern
- Aushandeln der Funktionalität
- Seit DirectX 7.0
  - TnLHAL (Transform and Lightning)

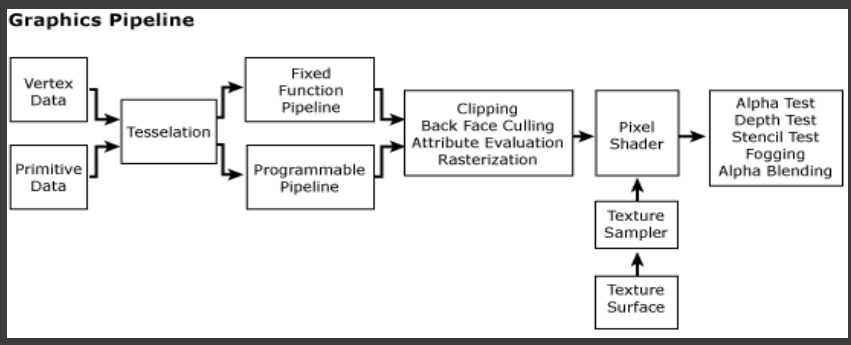


Funktionsumfang

- DirectX Graphics
  - DirectDraw: 2D-Graphiken
  - Direct3D (D3D): 3D-Darstellung
- DirectInput: Eingabegeräte
- DirectPlay: Networking (Multiplayer)
- DirectSetup: Installation von DirectX-Anwendungen
- DirectMusic: Alles was mit Ton zu tun hat
- DirectSound: (Low-Latency Sound)
- DirectShow: Streaming Media

Die Render-Pipeline in D3D

- Klassische Grundstruktur
- Neu
  - Vertex Shader: Kleine Maschinenprogramme in GPU für Knoten
  - Pixel Shader: Kleine Maschinenprogramme in GPU für Pixel



DirectX Version	Major Features
1.0	DirectX 1.0 included DirectDraw, DirectInput, DirectPlay, and DirectSound.
2.0	DirectX 2.0 introduced Direct3D.
3.0	DirectX 3.0 introduced special DirectInput files, a special joystick control panel applet, and an updated virtual math coprocessor device file to support the Intel® MMX technology. A DirectSound3D API was included to supplement DirectSound.
3.0a and 3.0b	These two versions fixed some minor problems, but added no new features.
5.0	DirectX 5.0 introduced several new features and improvements including vertex buffers, support for force-feedback controllers, 3D audio hardware acceleration, multimonitor support (in Windows 98), a new game controllers control panel, better MMX support, and an improved user interface. Also introduced in DirectX 5.0, DirectX Setup provides a database of known configurations to simplify user setup on leading hardware platforms. The media layer, with its collection of high-level services, was introduced with DirectX 5.0
5.2	DirectX 5.2 included several minor changes and an updated version of DirectPlay.
6.0	DirectX 6.0 introduced several new 3D features, including support for single-pass multitexturing, bump mapping, texture compression, and stencil buffers. DirectX 6.0 also added a new DirectX control panel, improved MMX performance, and support for AMD's 3DNow technology.
6.1	Released in February 1999, DirectX 6.1 added the DirectMusic API, which had been planned for release in DirectX 6.0.

Historie

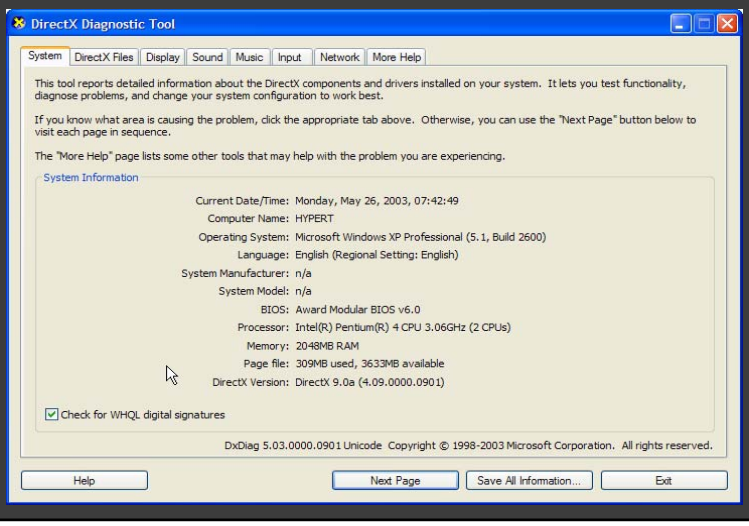
- Erste offizielle Version DirectX 5.0
- TnL mit Version 7.0
  - GPU übernimmt zunehmend höhere Aufgaben
- Aktuell Version 9.0a
  - Managed-Zugang
  - Neue Möglichkeiten bei den Shadern
- ...

DirectX SDK

- Wo, Wie groß, Installation
  - http://msdn.microsoft.com
  - 222 MB aktuelles 9.0a SDK (20.5.03)
  - 18 MB Help für Visual Studio .NET
- Dokumentation
  - C/C++ ist Teil des SDK
  - C# (allg. managed) nur Online
- Viele Beispiele
  - Sample Browser

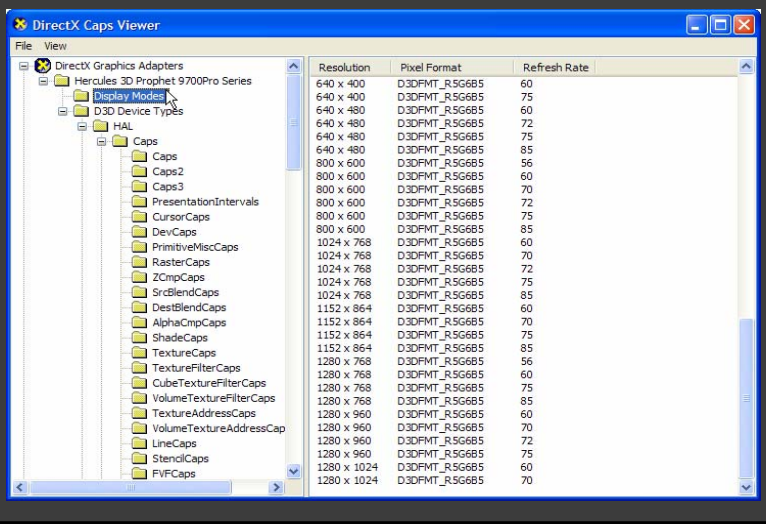
Tools: dxdiag

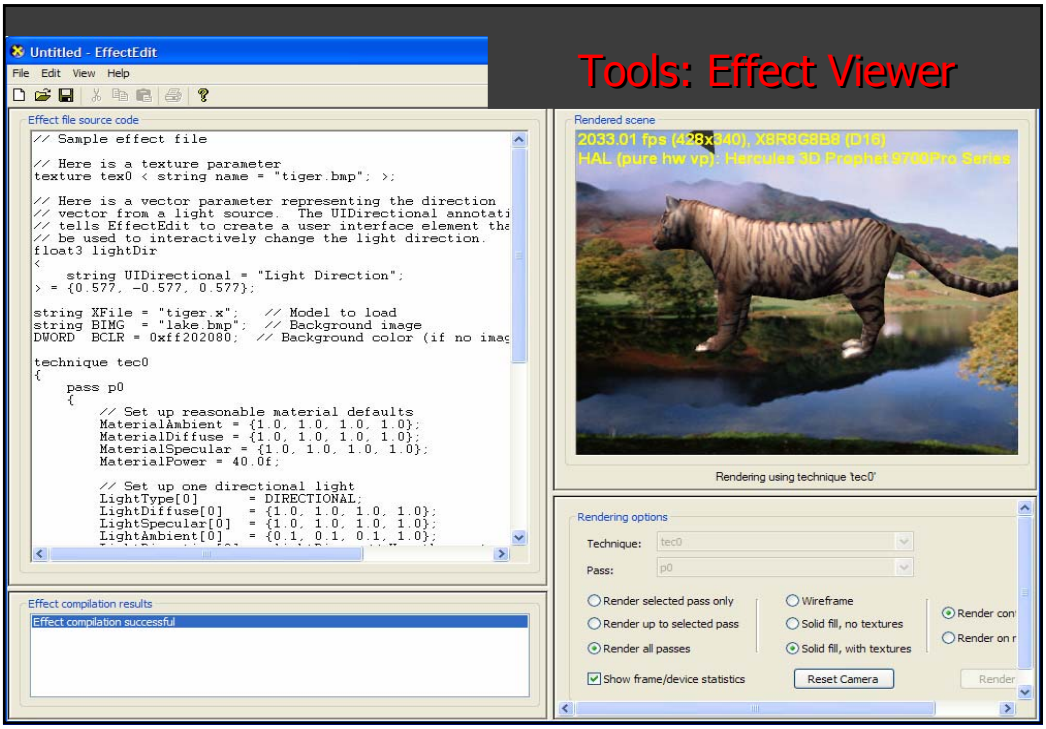
- DirectX-Installation: dxdiag

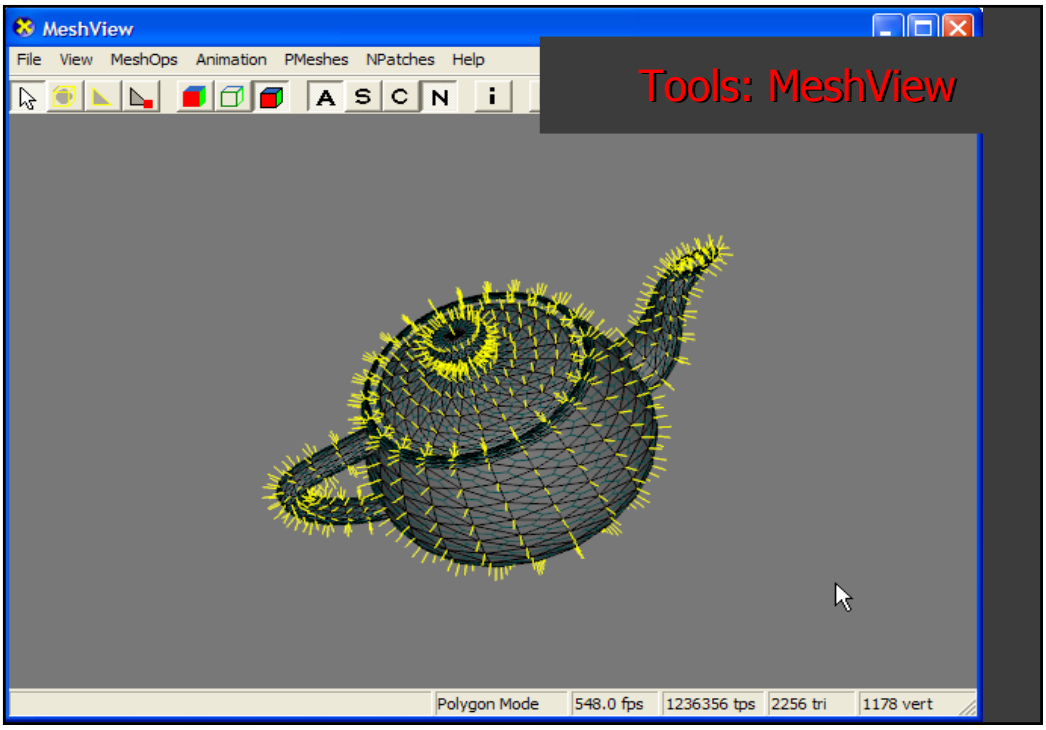


Tools: capsviewer

- Darstellung der Capabilities




Tools: Effect Viewer
Untitled - EffectEdit
File Edit View Help
Effect file source code
// Sample effect file
// Here is a texture parameter
texture tex0 < string name = "tiger.bmp"; >;
// Here is a vector parameter representing the direction
// vector from a light source. The UIDirectional annotati
// tells EffectEdit to create a user interface element tha
// be used to interactively change the light direction.
float3 lightDir
<
string UIDirectional = "Light Direction";
> = {0.577, -0.577, 0.577};
string XFile = "tiger.x"; // Model to load
string BIMG = "lake.bmp"; // Background image
DWORD BCLR = 0xff202080; // Background color (if no imag
technique tec0
{
pass p0
{
// Set up reasonable material defaults
MaterialAmbient = {1.0, 1.0, 1.0, 1.0};
MaterialDiffuse = {1.0, 1.0, 1.0, 1.0};
MaterialSpecular = {1.0, 1.0, 1.0, 1.0};
MaterialPower = 40.0f;
// Set up one directional light
LightType[0] = DIRECTIONAL;
LightDiffuse[0] = {1.0, 1.0, 1.0, 1.0};
LightSpecular[0] = {1.0, 1.0, 1.0, 1.0};
LightAmbient[0] = {0.1, 0.1, 0.1, 1.0};
Effect compilation results
Effect compilation successful
Rendered scene
2033.01 fps (428x340), X8R8G8B8 (D16)
HAL (pure hw vp): Hercules 3D Prophet 9700Pro Series
Rendering using technique 'tec0'
Rendering options
Technique: tec0
Pass: p0
Render selected pass only
Render up to selected pass
Render all passes
Wireframe
Solid fill, no textures
Solid fill, with textures
Show frame/device statistics
Reset Camera


Tools: MeshView
MeshView
File View MeshOps Animation PMeshes NPatches Help
A S C N i
Polygon Mode
548.0 fps
1236356 tps
2256 tri
1178 vert

Weitere Tools

- D3DSpy
  - Beobachten der Direct3D-Funktionsaufruf (lokal und remote)
- DirectPlay Network Simulator
- DirectX Error Lookup
  - Hexcode ⇒ Textuelle Beschreibung
- Texture Tool
- DMO Tester (DirectX Media Objects)
  - Streaming etc.
- Force Feedback Editor

OpenGL

- Verbreiteter Graphikstandard im Bereich CAD/CAM/CAE
  - Nur Immediate Mode
  - Alle 3D-Kartenhersteller bieten OpenGL-Bibliotheken an
  - Visual Studio liefert OpenGL-Includes mit
  - Portierbar zwischen Windows und Linux
- Einzige ernsthafte Basis für 3D im Linux-Umfeld
- Einige Spieleentwickler setzen auf OpenGL
- Konkurrent nur zu Direct3D
  - Eindruck: Bewegt sich langsamer als DirectX