UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Praktikum Computergrafik

April 8, 2019

Baldwin Nsonga

Einführung in OpenGL und GLSL

OpenGL

OpenGL (**Open G**raphics **L**ibrary):

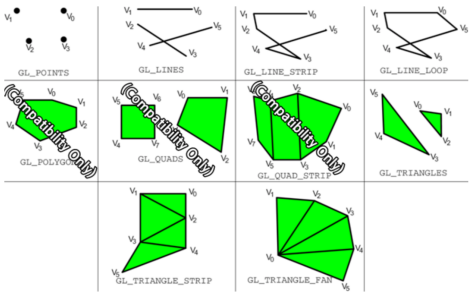
- plattform- und programmiersprachenunabhängige Programmierschnittstelle zur Entwicklung von 2D- und 3D-Computergrafik
- ermöglicht die Darstellung komplexer 3D-Szenen in Echtzeit
- Implementierung ist normalerweise durch Grafikkartentreiber gewährleistet (hardwarebeschleunigt), ansonsten auf der CPU
- Windows-Pendant: Direct3D

OpenGL

Bekannte Engines:

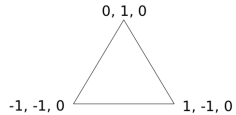
- GrimE-Engine (Escape From Monkey Island)
- Id Tech 4/5 Engine (Doom 3, Brink, Rage)
- Aurora Engine (Neverwinter Nights)
- Source Engine (Half Life 2)
- Unreal Engine (Goat Simulator)

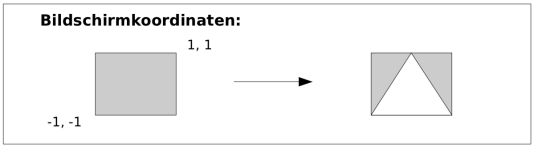
OpenGL Einführung - Geometrie



- Komplexe 3D-Modelle bestehen immer aus geometrischen Primitiven
- Im Praktikum beschränken wir uns auf Dreiecke
- Primitive bestehen immer aus Vertices (Eckpunkte).
- Jeder Vertex kann mehrere Attribute haben (Position, Farbe, Normale, etc.).

Bsp: Zeichnen des Dreiecks





Positionen der Vertices in Array speichern:

```
GLfloat pos_data[] = { -1.0f, -1.0f, 0.0f,
                        1.0f, -1.0f, 0.0f,
                        0.0f,  1.0f, 0.0f, };
```

Diese Daten werden als sogenannte Buffer auf der Grafikkarte gespeichert:

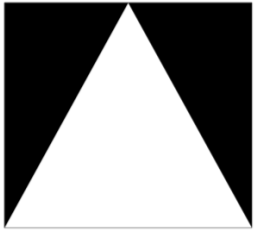
```
GLuint positionBuffer;
//Buffer erstellen
glGenBuffers(1, &positionBuffer);
//Buffer als aktiv setzen (OpenGL ist eine State Machine)
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, positionBuffer);
//den Buffer mit den Positionsdaten bef\"{u}llen
glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, sizeof(pos_data), pos_data, GL_STATIC_DRAW);
```

Zeichnen der Daten mittels glDrawArrays:

```
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, positionBuffer);
//VertexAttribute festlegen
glVertexAttribPointer(0,                    //wichtig fuer shader
                      3,                    //Groesse eines Vertexattributes
                      GL_FLOAT,             //Datentyp
                      GL_FALSE,             //normalisiert
                      0,                    //stride
                      (void*) 0             //Offset im Buffer
                      );
//Zeichnen
glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 3);
```

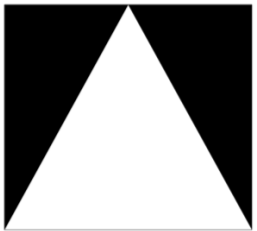
OpenGL Einführung - Geometrie

Ergebnis:



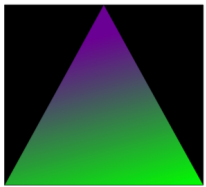
OpenGL Einführung - Geometrie

Ergebnis:



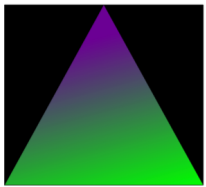
Langweilig!1!

OpenGL Einführung - Geometrie



Frage: Wie macht man so etwas ?

OpenGL Einführung - Geometrie



Frage: Wie macht man so etwas ?

oder so etwas?

OpenGL Einführung - Geometrie

Frage: Wie macht man so etwas ?

oder so etwas?

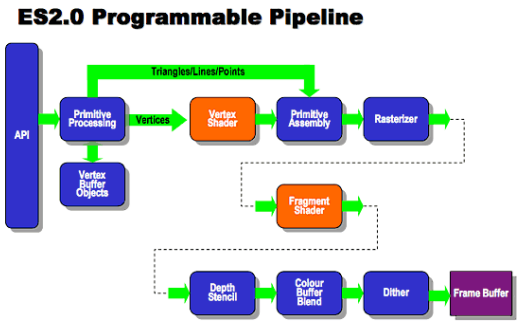
oder auch das?

OpenGL Einführung - Shader

Antwort: mit **Shadern**

- Shader sind Programme, die direkt auf der Grafikkarte ausgeführt werden
- die Grafikkarte ist eine frei programmierbare Multiprozessorplatform
- Mehrere Arten von Shadern:
- hier Beschränkung auf die 2 wichtigsten Shader: Vertex- und Fragmentshader (es gibt noch Geometry-, Tesselation- und Computeshader)

OpenGL Einführung - Shader Pipeline



- OpenGL übergibt Vertex mit verschiedenen Eigenschaften (Position, Farbe, Texturkoordinaten usw.)
- **Vertexshader** “bearbeitet” den Vertex und evtl. die übergebenen Eigenschaften
- **Pixelshader** bekommt die interpolierten Eigenschaften (z.B. Vertexfarbe) und färbt das Pixel im Framebuffer

OpenGL Einführung - GLSL

Antwort: mit **Shadern**

- Programmiersprache für Shader
- DirectX-Pendant: HLSL
- Syntax entspricht im Wesentlichen ANSI-C
- wurde um spezielle Datentypen erweitert, wie z.B. Vektoren, Matrizen und Sampler (für Texturzugriffe)
- Tutorial z.B. unter http://www.opengl-tutorial.org/

OpenGL Einführung - Shader

Bsp: Vertex Shader:

```
#version 330 core

//vertex attributes
in vec3 position;
in vec3 color;

//uniform variables (constant for the primitive)
uniform mat4 someMatrix;

//Varyings, are passed to the fragment shader
out vec3 col;

void main(void)
{
        //Vertex position in screen space
        gl_Position = someMatrix * vec4(position, 1.0);
        col = color;
}
```

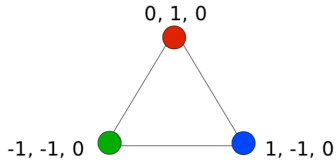
OpenGL Einführung - Shader

Bsp: Fragment Shader:

```
#version 330 core

//some other uniform variable (constant for the primitive)
uniform float scale;

//Varying coming from the vertex shader
in vec3 col;

//the output of the fragmentshader, i.e. the color
out vec4 finalColor;

void main(void)
{
        finalColor = vec4( col*scale, 1.0 );
}
```

OpenGL Einführung - Ergebnis

Vertexattribute

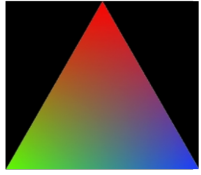



```
GLfloat pos_data[] = { -1.0f, -1.0f, 0.0f,
                        1.0f, -1.0f, 0.0f,
                        0.0f,  1.0f, 0.0f, };
GLfloat col_data[] = { 0.0f, 1.0f, 0.0f,
                       0.0f, 0.0f, 1.0f,
                       1.0f, 0.0f, 0.0f, };
```

Uniforms:

```
someMatrix = Einheitsmatrix;
scale = 1.0f;
```

Ergebnis:



OpenGL Einführung - QOpenGL

Problem:

- OpenGL API z.T. recht umständlich
- Keine native Unterstützung für spezielle GLSL Datentypen (Vectoren, Matrizen)
- es existieren viele Wrapper für OpenGL, die versuchen diese Nachteile aufzuwiegen

OpenGL Einführung - QOpenGL

Problem:

- OpenGL API z.T. recht umständlich
- Keine native Unterstützung für spezielle GLSL Datentypen (Vectoren, Matrizen)
- es existieren viele Wrapper für OpenGL, die versuchen diese Nachteile aufzuwiegen

Wir nutzen Qt5

OpenGL Einführung - QOpenGL

Qt:

- http://qt-project.org/
- platformunabhängiges Anwendungs und UI Framework
- hauptsächlich benutzt zum Erstellen von GUI-Anwendungen mit C++
- CGViewer ist mit Qt geschrieben
- Unterstützt auch die die Darstellung GPU-beschleunigter Inhalte mittels OpenGL
- besitzt auch OpenGL-Wrapperklassen und eigene Vector/Matrix Klassen, die entsprechend mit den OpenGL-Wrappern zusammenarbeiten

Qt Klassen

Vektoren und Matritzen z.B.

```
QVector2D, QVector3D, QVector4D, QMatrix3x3, QMatrix4x4
//translation matrix
QMatrix4x4 translation;
translation.translate(dx, dy, dz);
```

Buffer: QOpenGLBuffer

```
QOpenGLBuffer positionBuffer = QOpenGLBuffer( QOpenGLBuffer::VertexBuffer );
positionBuffer.setUsagePattern( QOpenGLBuffer::StaticDraw );
positionBuffer.create();
positionBuffer.bind()
positionBuffer.allocate( &positions[0], positions.size()*sizeof(QVector3D) );
```

Shader program: QOpenGLShaderProgram

```
QOpenGLShaderProgram pr;
pr.addShaderFromSourceFile(QOpenGLShader::Vertex, vertexShaderSource);
pr.addShaderFromSourceFile(QOpenGLShader::Fragment, fragmentShaderSource);
pr.link();
```

Qt Klassen

Shader program (Frts.): QOpenGLShaderProgram pr; (drawing)

```
//set the program active
pr.bind();
//set the uniforms in the shader
QMatrix4x4 matrix;
pr.setUniformValue( pr.uniformLocation("someMatrix"), matrix );
pr.setUniformValue( pr.uniformLocation("scale"), 1.0f );
//enable the vertex attributes (one for positions, one for colors)
pr.enableAttributeArray( pr.attributeLocation("position") );
pr.enableAttributeArray( pr.attributeLocation("color") );
//tell the shader, which data the vertex attributes should use
positionBuffer.bind();
pr.setAttributeBuffer( pr.attributeLocation("position"), GL_FLOAT, 0, 3 );
colorBuffer.bind();
pr.setAttributeBuffer( pr.attributeLocation("color"), GL_FLOAT, 0, 3 );
//draw
glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 3);
//deactivate program
pr.release();
```

CGViewer

Framework, welches im Laufe des Praktikums erweitert werden soll

CGViewer

Framework, welches im Laufe des Praktikums erweitert werden soll

- triangulierte Modelle im Wavefront OBJ-Format laden
  `http://de.wikipedia.org/wiki/Wavefront_OBJ`
- Modelle können frei in der Szene bewegt, rotiert und skaliert werden
- Hinzufügen von mehreren Lichtquellen zur Szene
- Laden und Speichern von Szenen
- Anzeigen der Szene erfolgt mittels OpenGL und der im Praktikum erstellten Shader

CGViewer - Wichtige Dateien/Klassen

Klasse **Model**

- Dateien Model.h, Model.cpp
- besitzt statische Funktion zum laden von Modellen
- verwaltet ein geladenes Modell mitsamt aller nötiger Buffer
- verwaltet die Modellbewegung in der Szene (Koordinaten)
- Besitzt eine render-Funktion, um sich zu zeichnen
- der render-Funktion wird ein Shaderprogram übergeben, mit dem sich das Modell rendern soll

CGViewer - Wichtige Dateien/Klassen

Klasse **Light** (erbt von Model)

- Dateien Light.h, Light.cpp
- wird immer als Kugel dargestellt
- besitzt zudem Funktionen zum setzen und auslesen von Farb/Licht-Informationen

CGViewer - Wichtige Dateien/Klassen

Klasse **Scene** (erbt von QGLWidget)

- Dateien Scene.h, Scene.cpp
- reagiert auf Mauseingaben des Nutzers (z.B. für Kamerabewegungen)
- verwaltet das Shaderprogram

```
QOpenGLShaderProgram *m_program;
```

- verwaltet die geladenen Modelle

```
std::vector< std::shared_ptr<Model> > models;
```

- zeichnet die Szene alle 33ms neu
- Funktion void paintGL(), ruft die render-Funktion aller geladenen Modelle auf

CGViewer - Wichtige Dateien/Klassen

Datei **CGTypes.h**

- beinhaltet ein paar spezielle Datentypen
- wichtig ist vor allem die struct Material
- wird in den entsprechenden Aufgabenstellungen näher erläutert

CGViewer - Wichtige Dateien/Klassen

Shader

- sind im Unterverzeichnis Shader abgelegt:
- VertexShader: vertex.glsl
- FragmentShader: fragment.glsl
- werden von der Scene automatisch geladen: void reloadShader()
- während der Aufgaben werden neue Shaderdateien hinzugefügt

UNIVERSITÄT
LEIPZIG

Thank You!

Baldwin Nsonga

Image and Signal Processing Group
Department for Computer Science

nsonga@informatik.uni-leipzig.de

https://www.informatik.uni-leipzig.de/bsv/homepage/de/people/baldwin-nsonga