Computergrafik SS 2010

Henning Wenke

Kapitel 21:

OpenGL 3.1

Einordnung

Über OpenGL

- API für Rastergrafik
  - Prozedural
  - Hardwarenah
  - Plattform-, Betriebssystem- und Sprachunabhängig
- Spezifikationen variieren im Funktionsumfang
  - Diese Veranstaltung: Version 3.1, Core Profile
- Implementation divergieren in:
  - Hardwarenutzung / Performance
  - Genauigkeit (etwas)
- Verwandte APIs:

Entwicklungsgeschichte

Vertex

- Mathematischer Punkt im Raum
- Oft „Eckpunkt“ einer geometrischen Figur
- Enthält oft weitere Eigenschaften an diesem Punkt, etwa:
  - Normale
  - Farbe
  - Texturkoordinaten
  - Geschwindigkeit
  - Beschleunigung
  - Materialdichte
  - …

Primitive

- „Elementare Grafische Grundform“
- Besteht aus 1 - 3 Vertices
- Implizit topologischen Informationen
- Eventuell Ausdehnung

Fragment

- Vom Rasterizer aus Primitive für einen Pixel erzeugte Datenstruktur
- Enthält zunächst für diese Stelle interpolierte Daten der zugehörigen Vertices
- „Pixelvorstufe“

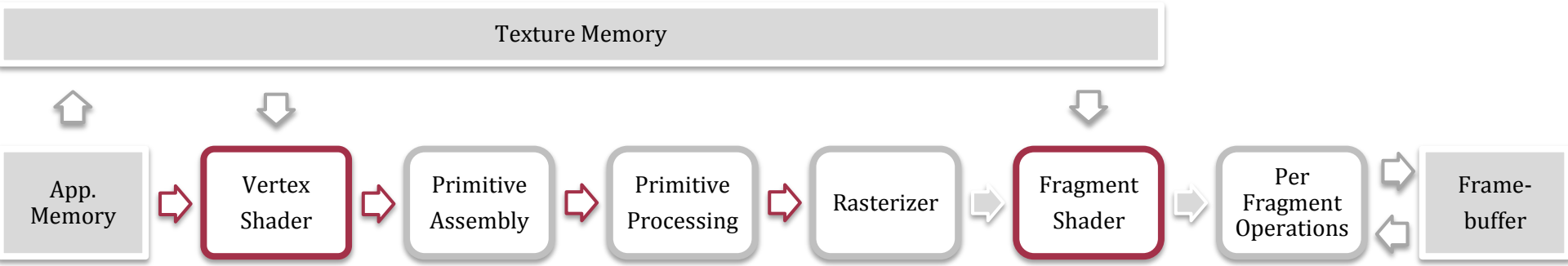
Uniform Data

- Nicht durch die Graphics Pipeline verarbeitet, konstant
- Global lesbar
- Enthält oft Informationen anderer Frequenz als die Geometrie

Texture

- Ein- bis dreidimensionale Datenstruktur
- Texel ein- bis vierdimensional
- Enthält beliebige numerische Informationen
  - Farbe, Normale, …, Dichte, Geschwindigkeit
  - Informationsdichte oft höher als Geometrieauflösung
- Zusätzlich Filterfunktionen

Graphics Processing Pipeline



Legende

Vertices

Fragments

Pixel/Texture Data

Programmable Stage

Fixed Stage

Memory

Vertex Shader

- Programm
- Wird unabhängig für jeden Vertex ausgeführt
- Verarbeitet dessen Daten

Shader Beispiel

```
#version 140

float getAB(float a, float b){
        return a * b;
}

void main() {

   float a = 5.0;
   a = getAB(10.0, 1.5);
   vec3 vectorA = vec3(1.0, 0.0, 0.0);
   vec3 vectorB = vec3(1.0, 1.0, 0.0);
   vec3 kp = cross(vectorA, vectorB);
   float sp = dot(vectorA, vectorB);
   vec3 kompMul = vectorA * vectorB;
   vec3 kompAdd = vectorA + vectorB;

   for(int i=0; i< 5; i++){
       if(a<1000)
          a *= 2;
   }
}
```

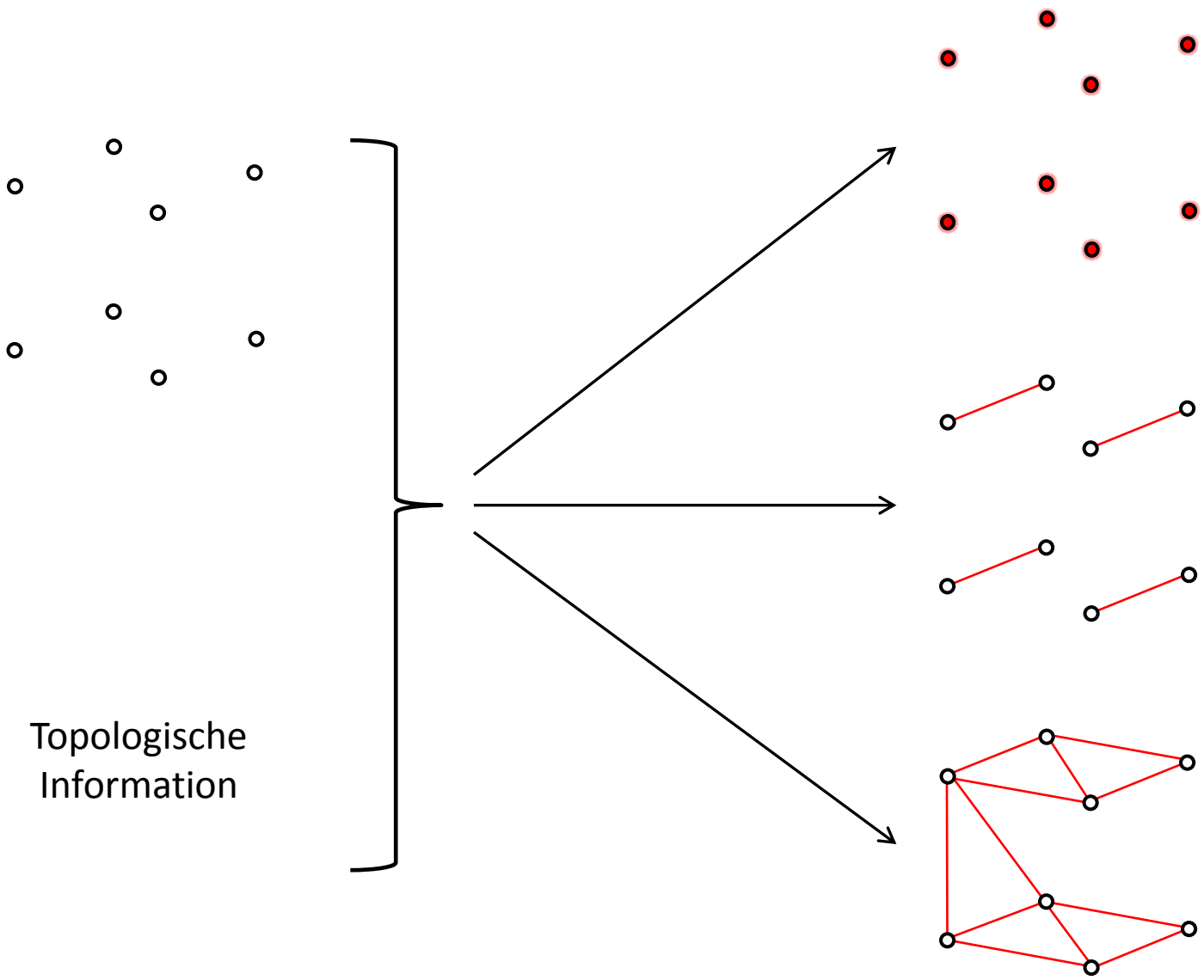
Vertex Shader Beispiel

```
#version 140

uniform mat4 mvpMatrix;
in vec4 vPosition;

void main() {

        gl_Position = mvpMatrix * vPosition;

}
```

Shader

- Shader (Cook, 1984)
  - Programm zur Beschreibung/Berechnung von Oberflächeneigenschaften
  - Renderman Shading Language
- Shader (Hier)
  - In einer Shadersprache (GLSL, HLSL, Cg, ...) geschriebenes Programm, welches auf einer GPU ausgeführt werden kann
  - Prozedural
  - Heute oft an C angelehnte Hochsprachen mit speziellen Vektor und Matrix Datentypen und Operatoren

Primitive Assembly

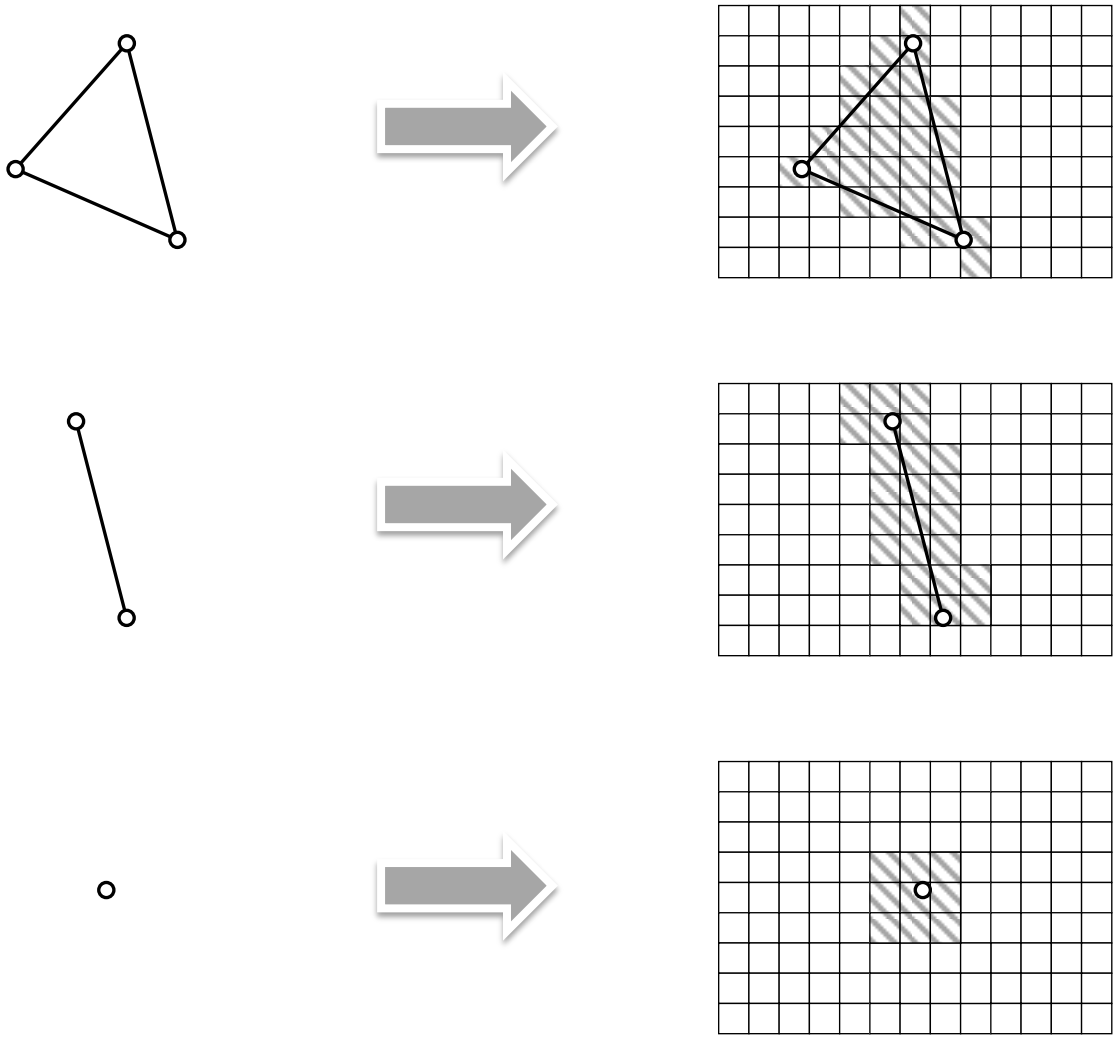


Primitive Processeing

- Operationen, die Informationen über ganzes Primitive benötigen
- Restliche Transformationen

1. Clipping
2. Perspective Division
3. Viewport Transformation
4. Culling

Rasterizer



Fragment Shader

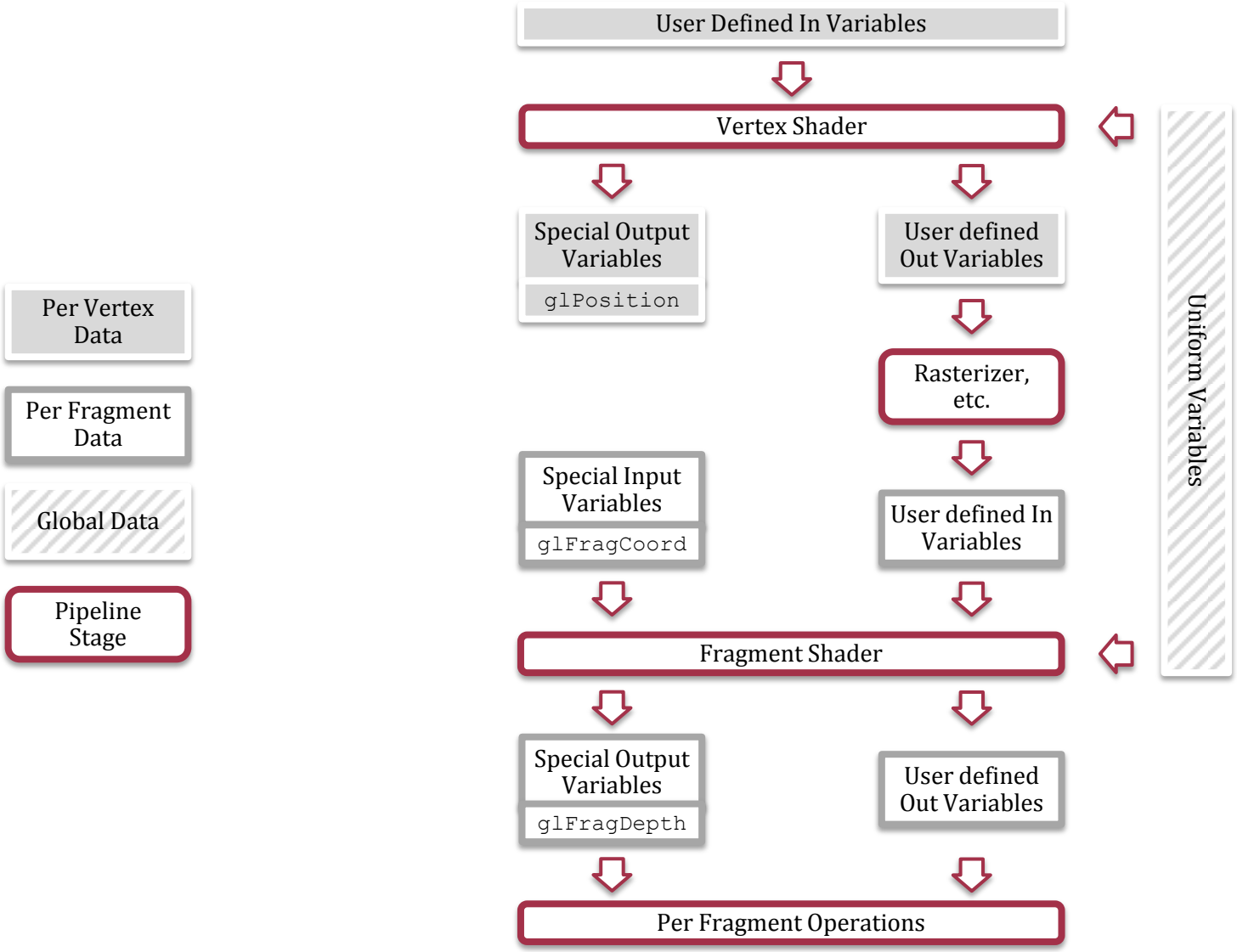
```
// Vertex Shader, Folie 13
...
in vec4 vPosition;
in vec2 myTexCoords;

out vec2 texCoords;

void main() {

    gl_Position = . . .
    texCoords = textureCoords;

}
```

```
// Fragment Shader
#version 140

uniform sampler2D colors;

in vec2 texCoords;

out vec4 fragColor;

void main() {

fragColor = texture(colors, texCoords);

}
```

Per Fragment Operations

Regeln den Einfluss der Fragments auf das jeweils korrespondierende Pixel

Datenfluss


User Defined In Variables
Vertex Shader
Special Output Variables
glPosition
User defined Out Variables
Rasterizer, etc.
Special Input Variables
glFragCoord
User defined In Variables
Fragment Shader
Special Output Variables
glFragDepth
User defined Out Variables
Per Fragment Operations
Uniform Variables
Per Vertex Data
Per Fragment Data
Global Data
Pipeline Stage

Computergrafik SS 2010

Henning Wenke

Kapitel 21:

OpenGL 3.1

(Fortsetzung)

OpenGL

- Aufgaben der GL-Befehle
  - Konfigurieren der Graphics Pipeline
  - Datenübergabe an Server
  - Steuern des Datenflusses
  - …
- Java OpenGL Bindings (Jogl)
  - Anbindung an Fenstersystem
  - Zugriff auf native GL-Funktionen
  - Code:

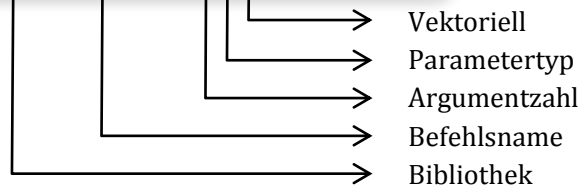
```
C-GL :    glEnable(GL_DEPTH_TEST);
Jogl :    gl.glEnable(GL3.GL_DEPTH_TEST);
```

Spracheigenschaften und Syntax

- Zustandsmaschine
- Eigene Datentypen
- Funktionskonvention

```
glClearColor(0, 0, 0, 0);
```

```
glUniform4fv(...);
```



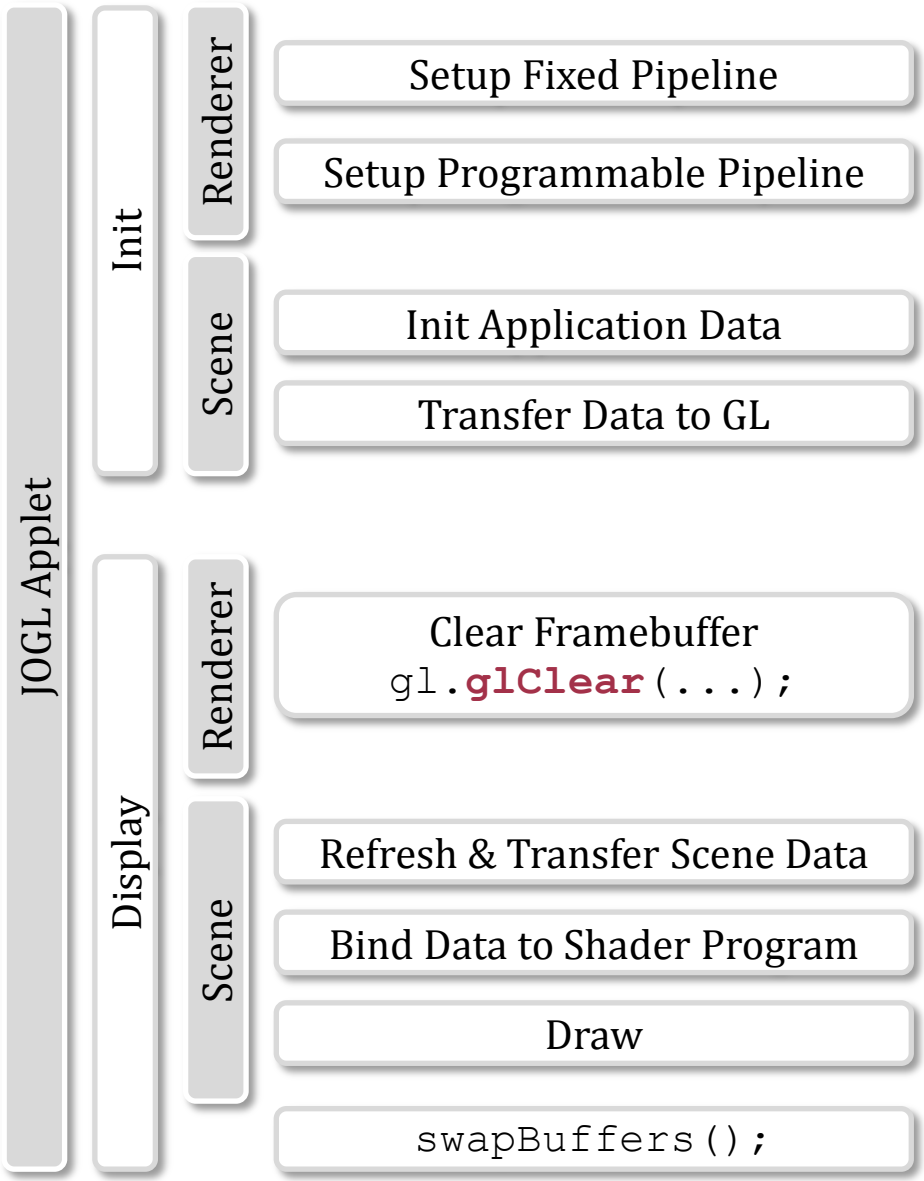
- Spezialisierung durch Konstanten

```
glEnable(int cap);
```

```
GL_DEPTH_TEST
GL_CULL_FACE
GL_PRIMITIVE_RESTART
...
```

- Befehle beziehen sich auf:
  - GL-State
  - Übergebene Daten
  - GL-Objekte, (auch) über Ids

OpenGL Programm Beispiel



Setup Fixed Pipeline

```
// Hintergrundfarbe setzen
gl.glClearColor(0, 0, 0, 0);

// Z-Buffer aktivieren
gl.glEnable(GL3.GL_DEPTH_TEST);

// Transparenz deaktivieren
gl.glDisable(GL3.GL_BLEND);


// Culling der Flächen aktivieren
gl.glEnable(GL3.GL_CULL_FACE);

// Positiven Drehsinn festlegen
gl.glFrontFace(GL3.GL_CCW);

// Abgewandte Flächen nicht zeichnen
gl.glCullFace(GL3.GL_BACK);

// Informationen über Ausgabegerät
glViewport(x, y, width, height);
```

Setup Programable Pipeline

1. Erzeuge Shader Object (e)
2. Erzeuge Program Object
3. Aktiviere Program Object

```
// Erzeugt ein leeres (Vertex) Shader Object.
int type = GL3.GL_VERTEX_SHADER
int vertexShader = gl.glCreateShader(type);

// Hinzufügen des Codes zum Shader Object
int count = 1;
IntBuffer length = null;
String[] string = {"Sourcecode von gestern..."};
gl.glShaderSource(vertexShader, count, string, length);

// Übersetzen des Shaders
gl.glCompileShader(vertexShader);
```

Setup Programable Pipeline (2)

1. Erzeuge Shader Object (e)
2. Erzeuge Program Object
3. Aktiviere Program Object

```
// Erzeugt (leeres) Program Object
int program = gl.glCreateProgram();

//Hinzufügen der Shader Objects
int shader = vertexShader;
gl.glAttachShader(program, shader);
shader = fragmentShader;
gl.glAttachShader(program, shader);

// Linken des Program Objects
gl.glLinkProgram(program);
```

```
// Aktiviere Program Object als Teil der Pipeline
gl.glUseProgram(program);
```

Init Application Data

- Modelle
  - Vertex Daten
  - Primitive / Indizierung
  - Textur Daten
- Transformationsmatrizen
- Lichtquellen
- Shader Code

Transfer Data to OpenGL

Beispiel: Per Vertex Daten

```
// Erzeuge (leere) Buffer Objects
int n = 3;
java.nio.IntBuffer buffers = bufferNames;
gl.glGenBuffers(n, buffers);


// Initialisiere und aktiviere Buffer Object für
// Vertex Daten
int coordBuffer = bufferNames.get(0);
int buffer = coordBuffer;
int target = GL3.GL_ARRAY_BUFFER;
gl.glBindBuffer(target, buffer);


// Übergib Daten
int size = vertexCoords.capacity() * 4;
int usage =  GL3.GL_STATIC_DRAW;
Buffer data = vertexCoords;
target = GL3.GL_ARRAY_BUFFER;
gl.glBufferData(target, size, data, usage);
```

Bind Data to Shader

```
in vec4 vPosition;
...
```

```
// Aktivieren eines Buffer Objects, etwa
gl.glBindBuffer(GL3.GL_ARRAY_BUFFER, coordBuffer);
```

```
// Abfragen der Adresse der In Variable
int program = programObject;
String name = "vPosition";
int location = gl.glGetAttribLocation(program, name);


// Buffer für Verwendung mit dieser Variable aktivieren
int index = location;
gl.glEnableVertexAttribArray(index);


// Spezifikation des Datenformats
int size = 3;
int type = GL3.GL_FLOAT;
boolean normalized = false;
int stride = 0;
int pointer = 0;
gl.glVertexAttribPointer(location, size, type, normalized, stride, pointer);
```

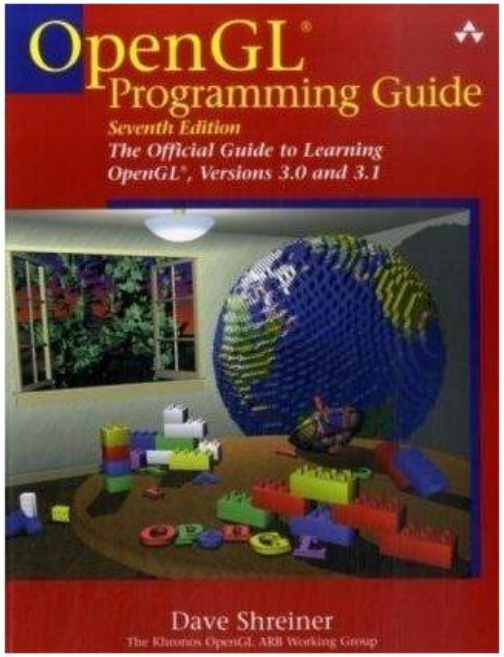
Draw

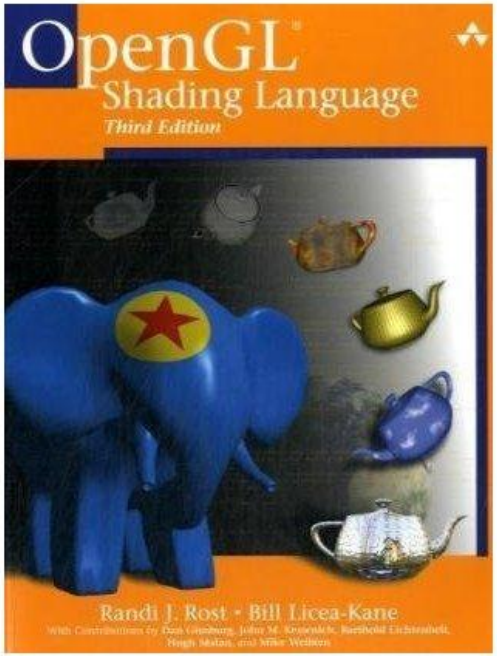
```
// Anzahl der zu rendernden Elemente, hier: alle
int count = sphere.indexCnt;

// Verweis auf das erste Element
int pointer = 0;

// Art des Primitives
int mode = GL3.GL_TRIANGLE_STRIP;

// Datentyp
int type = GL3.GL_UNSIGNED_INT;

// Auslösen des Renderns
gl.glDrawElements(mode, count, type, pointer);
```

Weitere Beispiele

```
// Procedural Texturing Fragment Shader
#version 140
const float maxIterations = 100.0;
const vec3 innerColor  = vec3(1.0, 0.0, 0.0);
const vec3 outerColor1 = vec3(0.0, 1.0, 0.0);
const vec3 outerColor2 = vec3(0.0, 0.0, 1.0);

// Berechnet nur in Abhängigkeit von den Texturkoordinaten...
in vec2 texCoords;

// ...die Farbe des Fragments
out vec4 myFragColor;

void main() {
    float real  = texCoords.x; float imag = texCoords.y;
    float cReal = real; float cImag = imag;
    float r2 = 0.0;
    float iter;
    for(iter = 0.0; iter < maxIterations && r2 < 4.0; iter++) {
        float tempreal = real;
        real = (tempreal * tempreal) - ( imag * imag) + cReal;
        imag = 2.0 * tempreal * imag + cImag;
        r2   = (real * real) + (imag * imag);
    }
    vec3 color;
    if (r2 < 4.0)
        color = innerColor;
    else // mix ist eine GLSL-Funktion für lineare Interpolation
        color = mix(outerColor1, outerColor2, fract(iter * 0.05));
    myFragColor = vec4(color, 1.0);
}
```

Literatur





Weitere Infos:

Henning Wenke (hewenke@uos.de)

Raum: 31/318a