Interaktive Computergrafik

Prof. Dr. Frank Steinicke
Human-Computer Interaction
Department of Computer Science
University of Hamburg

Interaktive Computergrafik

Übung - Woche 5

Human-Computer Interaction, University of Hamburg

Interaktive Computergrafik

Übung - Woche 5

Die OpenGL Shading Language

GLSL

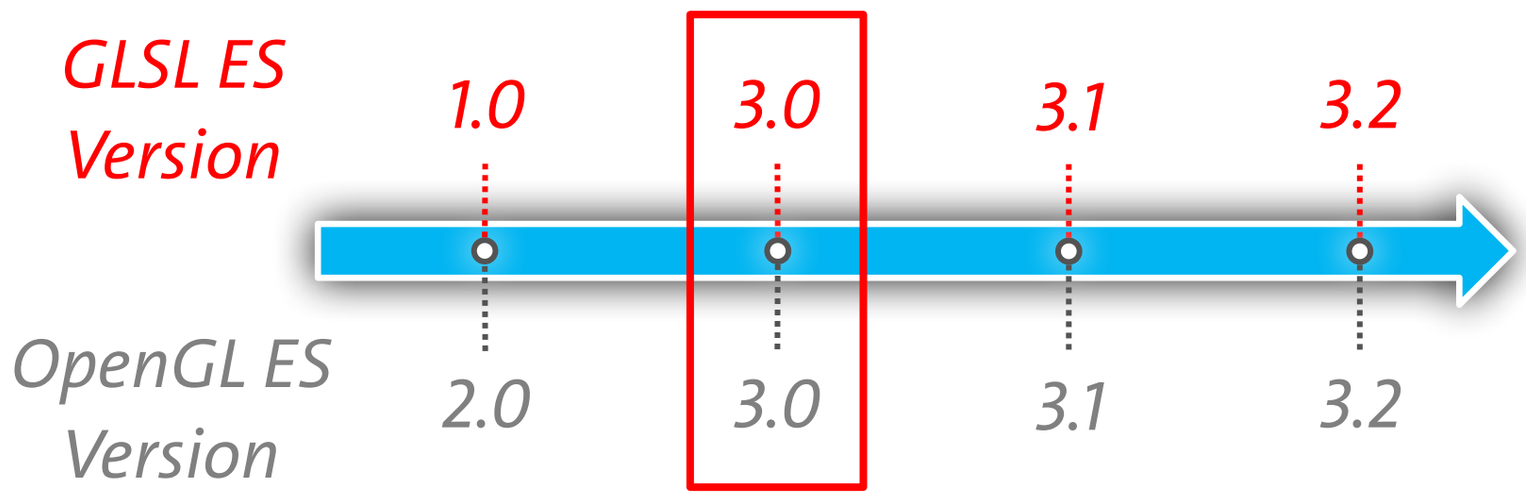
- Hochsprache, mit der GPUs programmiert werden können
- orientiert an **C/C++**
  - reduziert um einige Elemente des C++-Standards (z.B. Pointer)
  - erweitert um Vektor-/Matrixtypen und entsprechende Operationen

GLSL ES

- Abgeleitete Version von GLSL für eingebettete Systeme

  → eingeschränkt bzgl. Datentypen, Built-In-Variablen und -Funktionen

- WebGL 2.0 nutzt **GLSL ES 3.0**! (nicht aktuelle Version)



Programmaufbau

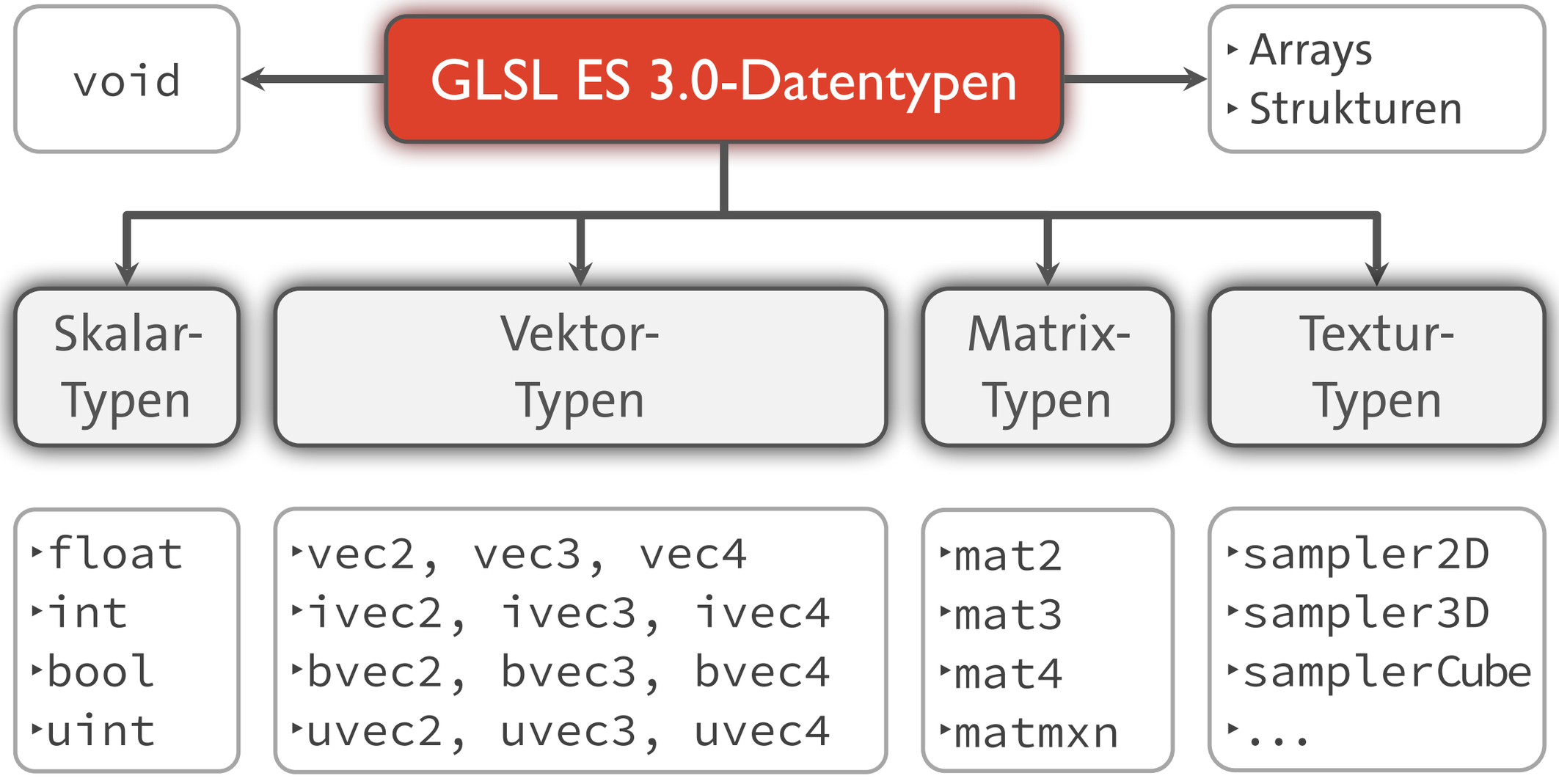
```
in vec4 color;
const float PI = 3.14;

...

void main() {
    ...
}
```

globale Variablen, Konstanten und Attribute

[benutzerdefinierte Funktionen]

main-Funktion

Datentypen


void
GLSL ES 3.0-Datentypen
Arrays
Strukturen
Skalar-Typen
Vektor-Typen
Matrix-Typen
Textur-Typen
float
int
bool
uint
vec2, vec3, vec4
ivec2, ivec3, ivec4
bvec2, bvec3, bvec4
uvec2, uvec3, uvec4
mat2
mat3
mat4
matmxn
sampler2D
sampler3D
samplerCube
...

Vektoren

- Konstruktor

```
vec4 v = vec4(1.0, 2.0. 3.0, 4.0);
```

x	y	z	w
r	g	b	a
s	t	p	q

- Zugriff

```
v[1], v.y, v.g, v.t   // 2.0
v.xy                  // vec2(1.0, 2.0)
v.rgr                 // vec3(1.0, 2.0, 1.0)
```

Matrizen

- Konstruktor

```
mat3 m = mat3 (
    1.0, 2.0, 3.0, // 1. Spalte!
    4.0, 5.0, 6.0, // 2. Spalte!
    7.0, 8.0, 9.0  // 3. Spalte!
);
```

- Zugriff

```
m[1]   // vec3(4.0, 5.0, 6.0)
m[1][0], m[1].x   // 4.0
```

Hinweis

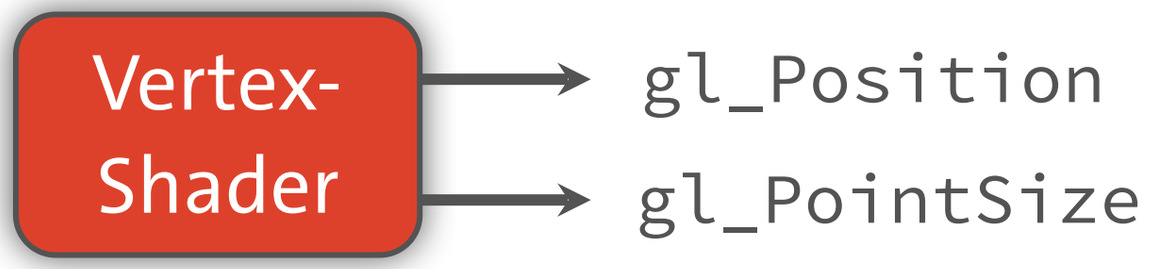
- Datentyp von Vertex-Position in Vertex-Shader immer `vec4` (auch bei Angabe von 2D-Koordinaten) → Dimension der Transformationsmatrix muss passen

→ 3x3-Matrix auf 4x4-Matrix erweitern:

$$\begin{pmatrix} a & b & c \\ d & e & f \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} a & b & 0 & c \\ d & e & 0 & f \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Built-In-Variablen

- vom Shadertyp abhängige Menge vordefinierter Variablen



- `vec4 gl_Position`:
  Position des Vertices in homogenen Koordinaten (sollte immer geschrieben werden)
- `float gl_PointSize`:
  Größe der mit `GL_POINTS` gerenderten Punkte

Built-In-Funktionen

- **Trigonometrisch**, z.B. `sin, cos, tan`
- **Exponential**, z.B. `pow, sqrt, exp, log`
- **Geometrisch**, z.B. `length, distance`
- **Sonstige**, z.B. `floor, ceil, min, max`

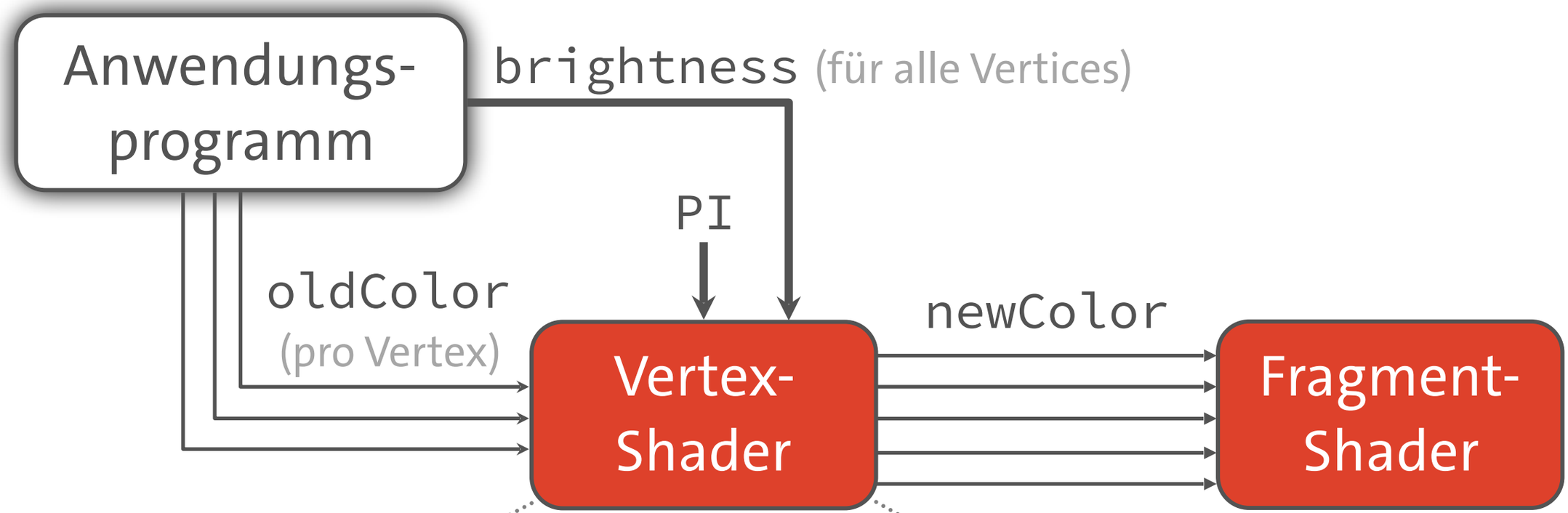
Typenqualifizierer

→ Beschreibung der Nutzung einer Variable

<none>	lokale Variable
`const`	Konstante
`in`	vertexspezifische Shader Input Variable ▸ in Vertex-Shader: aus Anwendungsprogramm ▸ in Fragment-Shader: aus Vertex-Shader
`out`	vertexspezifische Shader Output Variable ▸ in Vertex-Shader: an Fragment-Shader ▸ in Fragment-Shader: an Framebuffer
`uniform`	Variable für Daten, die während eines Draw-Aufrufs über alle Vertices/Fragmente konstant bleiben, von Anwendungsprogramm an Shader

Typenqualifizierer

Beispiel: Vertex Shader




```
in          vec4 oldColor;
out         vec4 newColor;
uniform     float brightness;
const       float PI = 3.14;
```

Wertübergabe

1. Speicheradresse ermitteln:

```
const loc = gl.getUniformLocation(
        program, name);
```

2. Wert setzen:

```
gl.uniform1f(loc, value);
```

float

Wertübergabe

3. Wert lesen

```
uniform float name;
```

Wertübergabe

Beispiel: Matrix

- Übergabe von Transformationsmatrizen an Vertex-Shader über Uniform-Variable
- Schritt 1: Speicherort der Uniform-Variable bestimmen

```
const matrixLoc =
    gl.getUniformLocation(
    program, "transformMatrix");
```

Wertübergabe

Beispiel: Matrix

- Schritt 2: Wert der Variablen setzen

```
gl.uniformMatrix4fv(
  matrixLoc,
  false,
  transformMatrix
);
```

Speicherort der Uniform-Variable

Soll Matrix transponiert werden?

Neuer Wert der Matrix

Vorsicht: 2. Parameter ist Überbleibsel aus OpenGL
→ muss immer auf `false` gesetzt werden!

Wertübergabe

Beispiel: Matrix

- Schritt 3 (in Shader): Wert lesen

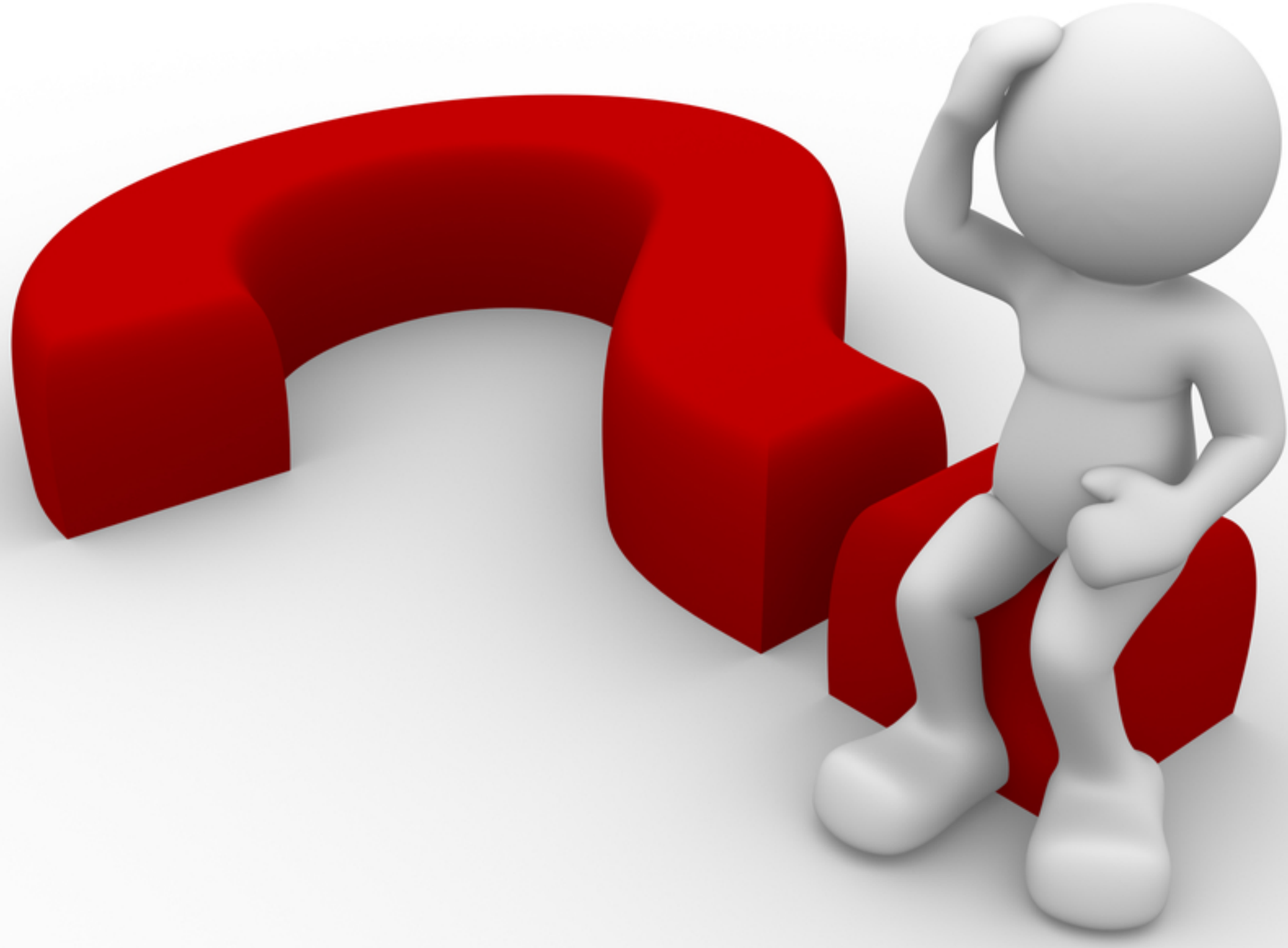
```
uniform mat4 transformMatrix;
```

- Matrizentyp muss zu Funktionsaufruf in Anwendungsprogramm passen, z.B.

  `gl.uniformMatrix3fv -> mat3`

Beispielprogramm

```
in vec4 vPosition;
in vec4 vColor;
out vec4 fColor;


void main() {
    fColor = vColor;
    gl_Position = vPosition;
}
```



Interaktive Computergrafik

Übung - Woche 5

Gruppenarbeit

Gruppenarbeit

Färben Sie im Vertex-Shader alle Vertices, die in der unteren Hälfte der Welt liegen, rot.

Gruppenarbeit

Definieren Sie im Vertex-Shader einen Skalierungsfaktor, sodass die Insel nur noch 5% ihrer Breite und 10% ihrer Höhe hat.

Gruppenarbeit

Verschieben Sie im Vertex-Shader jeden Vertex um 0.2 in Richtung der negativen x-Achse.

Gruppenarbeit

Setzen Sie den Translationsvektor als Uniform vom Anwendungsprogramm aus.

Gruppenarbeit

Setzen Sie den übergebenen Translationsvektor im Shader in eine Transformationsmatrix ein.

Gruppenarbeit

Setzen Sie die Matrix vom Anwendungsprogramm aus.
→ Hausaufgabe!

JavaScript Matrizen

- Komfortable Nutzung von Matrizen im Shader durch GLSL-Datentyp `mat4`
- Aber: Transformationsmatrizen sollten aus Performancegründen von JavaScript-Anwendungsprogramm gesetzt werden
- Wie können Matrizen auch in JavaScript komfortabel genutzt werden?

Library *glMatrix*

- Sammlung von JavaScript-Funktionen für Matrix- und Vektoroperationen
- Darf in Übungsaufgaben benutzt werden!
- Source + Dokumentation: *glmatrix.net*

Model Matrix

```
mat4.translate(out,in,translationVector);
mat4.rotate(out,in,angle,axis);
mat4.scale(out,in,scaleVector);
```

- Translationsdistanzen
- Rotationswinkel
- Skalierungsfaktoren

Model Matrix

Beispiel

- Einheitsmatrix erstellen:

```
let modelMatrix = mat4.create();
```

- Objekt verschieben:

```
mat4.translate(modelMatrix, modelMatrix,
                    [2, 2, 2]);
```

- Objekt um y-Achse rotieren:

```
mat4.rotate(modelMatrix, modelMatrix,
                  degToRad(90), [0, 1, 0]);
```