LMU LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Dipl.Inf. Otmar Hilliges

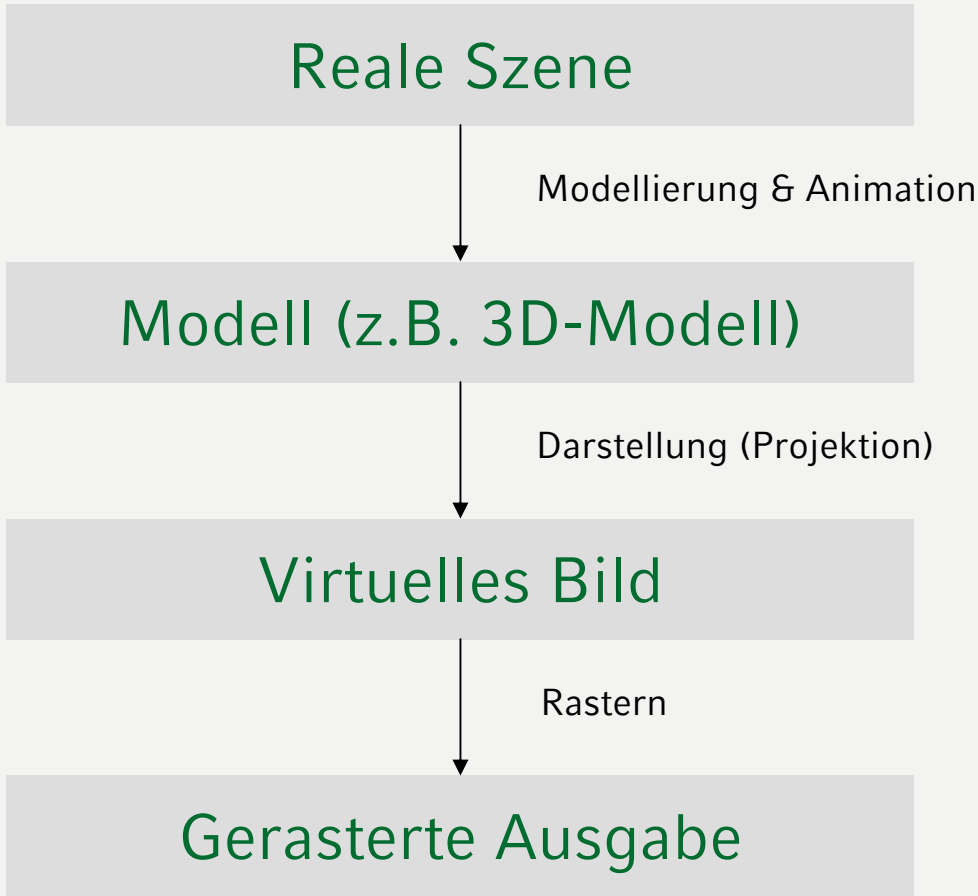
Programmierpraktikum 3D Computer Grafik

Einführung die Computergrafik:
GLUT und OpenGL.

Teilnehmer und Abgaben

Nachname	Vorname
Abeldt	Patrick
Brucker	Horst-Egon
Dimitrova	Iliana
Gebhardt	Sascha
Goldhofer	Sascha
Lauber	Felix
Promesberger	Robin
Sommer	Stephan
Tevi	Ulrich

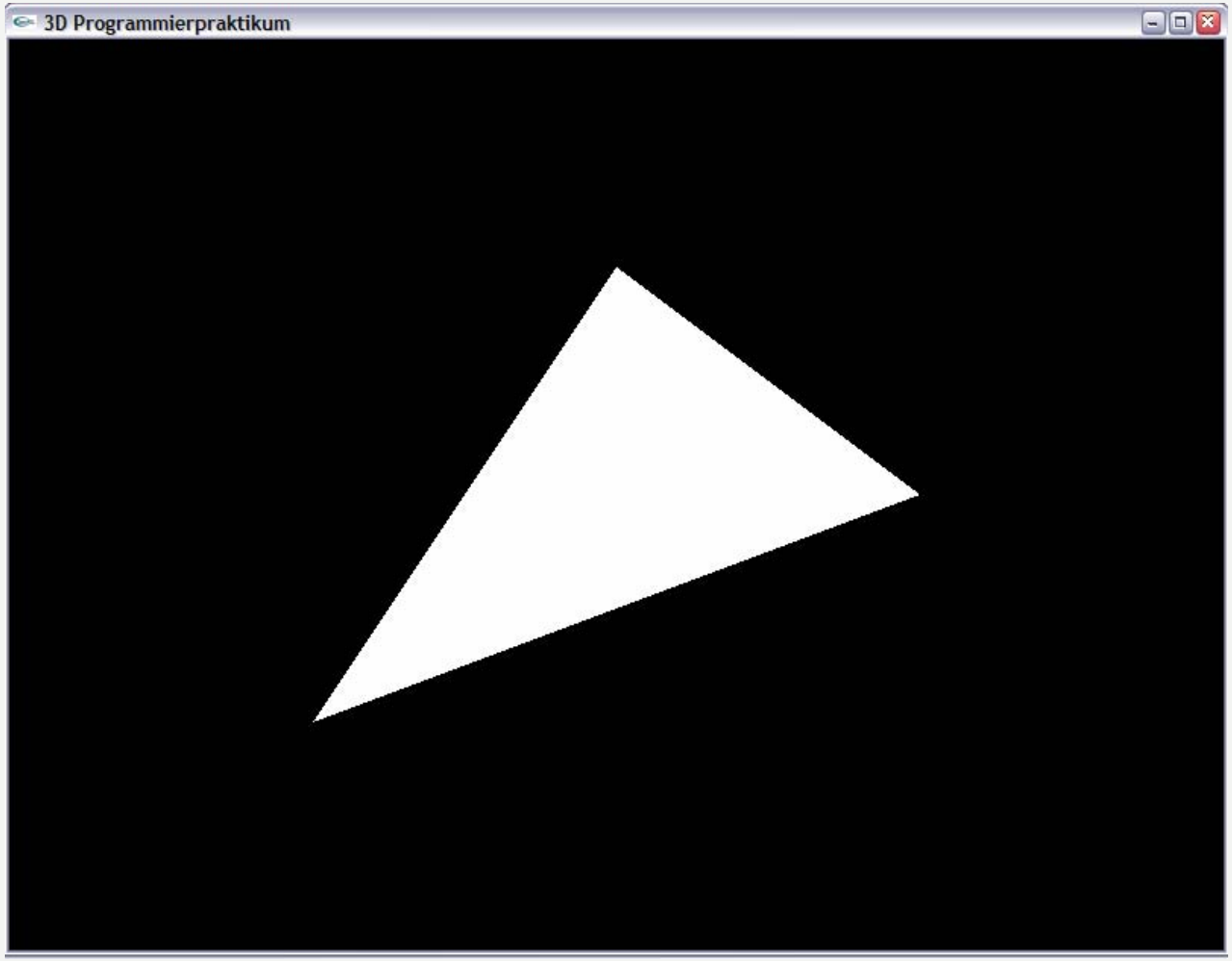
- Computergrafik: Echte Welt -> gerasterte Ausgabe



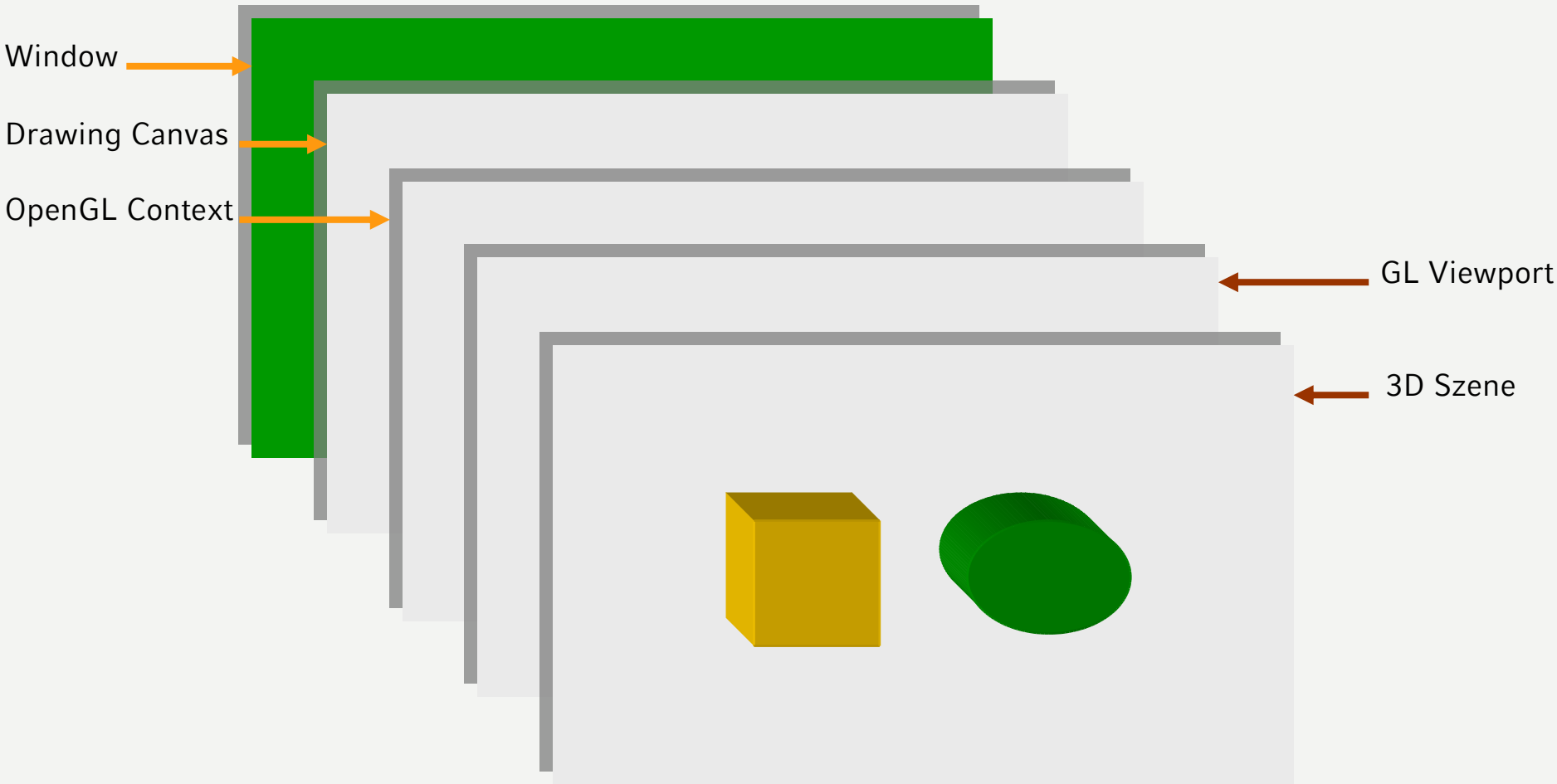
Grafik Toolkits

- Komplizierter Weg von der realen Szene zum gerasterten Bild
- Viele Arbeits(teil)stücke sind mathematisch komplex und Aufwendig (Clipping, Projektion, Culling, Rasterization)
- Grafikbibliotheken nehmen dem Programmierer viel Arbeit ab.
- Für uns sind zwei Arten von Toolkits Interessant:
  - Windowing Toolkits (Fenster, Dekorationen, Menus, Eingaben)
  - 3D Toolkits (Modellierung, Animation, Projektion, Rastern)

Beispiel Anwendung



Wer macht was?



Grundlegendes

- OpenGL ist eine API zur 3D Programmierung
- Bietet Funktionen zum zeichnen von 3D-Szenen und Schnittstelle zur Grafik Hardware.
- Keinerlei Funktionalität für Zugriff auf/von OS (Fenster, Benutzereingaben usw.)
- → Erweiterungen des OpenGL Standards fügen diese Funktionalitäten hinzu.

GLUT

- GLUT (*OpenGL Utility Toolkit*) Plattform unabhängiges Windowing Toolkit.
- Verwaltung von Fenstern für OpenGL-Anwendungen
- I/O-Ereignisverarbeitung durch Callbacks
- Bestandteil des OpenGL Standards
- Verwendung von GLUT:

```
#include <GL/glut.h>
// bindet auch GL/gl.h und GL/glu.h ein
```

GLUT – Initialisierung

- GLUT initialisieren:

```
void glutInit(int* argcp, char** argv);
```

- GLUT-Fenster initialisieren:

```
void glutInitWindowSize(int w, int h);
void glutInitWindowPosition(int x, int y);
```

- Displaymodus (später mehr):

```
void glutInitDisplayMode(unsigned int mode);
```

- Fenster erzeugen:

```
int glutCreateWindow(char* title);
```

GLUT – Initialisierung

- Fenster zerstören:

```
void glutDestroyWindow(int window);
```

- Fenster neu zeichnen:

```
void glutPostRedisplay();
```

- Bildschirmspeicher wechseln:

```
void glutSwapBuffers();
```

  - GLUT zeichnet im Displaymodus **DOUBLE** jeweils in den Hintergrund-Buffer
  - Am Ende des Zeichnens wird der aktuell dargestellte Buffer und der Hintergrund-Buffer gewechselt

GLUT – Callback-Funktionen

- GLUT verwendet einige Callback-Funktionen, die durch Ereignisse aufgerufen werden
- Idle Callback:
  - Wird aufgerufen, wenn keine anderen Events aufgetreten sind → Zeichnet meistens die Szene neu

```
void glutIdleFunc(void (*func)(void));
```

GLUT – Callback-Funktionen

- Display Callback:
  - Wird aufgerufen, wenn das **aktuelle** Fenster neu gezeichnet werden muss

```
void glutDisplayFunc(void (*func)(void));
```

- Reshape Callback:
  - Wird aufgerufen, wenn sich die Größe des **aktuellen** Fensters verändert

```
void glutReshapeFunc(void (*func)(int w, int h));
```

GLUT – Callback-Funktionen

- Keyboard Callback:
  - Wird aufgerufen, wenn eine Standard-Taste (keine F-Tasten o.ä.) gedrückt wurde

```
void glutKeyboardFunc(void (*func)
                      (unsigned char key, int x, int y));
```

- Special Callback:
  - Wird aufgerufen, wenn eine Sondertaste gedrückt wurde

```
void glutSpecialFunc(void (*func)
                     (int key, int x, int y));
```

GLUT – Callback-Funktionen

- Mouse Callback:
  - Wird aufgerufen, wenn eine Maus-Taste gedrückt wurde

```
void glutMouseFunc(void (*func)
     (int button, int state, int x, int y));
```

- Motion Callback:
  - Wird aufgerufen, wenn die Maus bei gedrückter Maustaste bewegt wurde

```
void glutSpecialFunc(void (*func)
     (int x, int y));
```

GLUT – Callback-Funktionen

- Passive Motion Callback:
  - Wird aufgerufen, wenn die Maus ohne gedrückte Maustaste bewegt wurde

```
void glutPassiveMotionFunc(void (*func)
     (int x, int y));
```

- Starten der Ereignisverarbeitung:
  - Wird nach der Initialisierung von GLUT und OpenGL aufgerufen und startet eine Endlosschleife

```
void glutMainLoop(void);
```

GLUT – Callback-Funktionen

- Beispiel:

```
void display(void) {
     // some OpenGL drawing
}

int main(int argc, char** argv) {
     glutInit(&argc, argv);
     …
     glutDisplayFunc(display);
     …
     glutMainLoop();
     return 0;
}
```

GLUT – Displaymodi

- GLUT unterstützt verschiedene OpenGL-Modi
- Mögliche Modi:

```
GLUT_RGBA     // RGBA mode window
GLUT_SINGLE   // Single buffering
GLUT_DOUBLE   // Double buffering
GLUT_ALPHA    // Window has alpha components
GLUT_DEPTH    // Window with depth buffer
```

- Beispiel:

```
glutInitDisplayMode(GLUT_RGBA | GLUT_DOUBLE | GLUT_DEPTH);
```

GLUT – Vollbildmodus

- Zwei Möglichkeiten, den Vollbildmodus zu aktivieren (Beispiele):
  - Direkt bei der Erzeugung des Fensters:

```
glutGameModeString(“640x480:16@60”);
glutEnterGameMode();
```

  - Während der Ausführung:

```
// normal to fullscreen
glutFullscreen();
// fullscreen to normal
glutReshapeWindow(640, 480);
glutPositionWindow(100, 100);
```

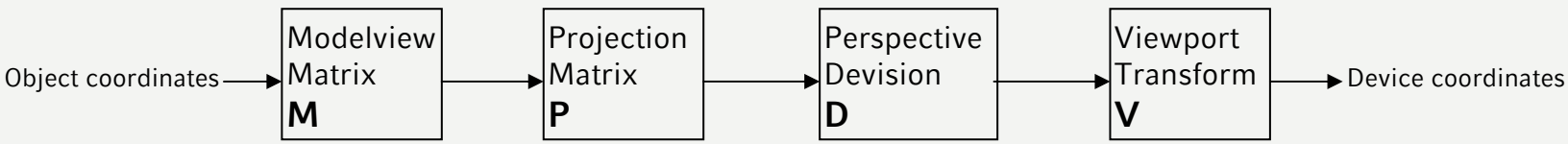
OpenGL

OpenGL Viewing

- OpenGL ist eine State-Machine die das Zeichnen von 3D-Szenen und Animationen erlaubt
- Grafik Primitive werden zusammen gesetzt und manipuliert (Status Änderungen)
- Primitive:
  - Punkte
  - Linien
  - Polygone
  - Bitmaps
- Außerdem werden Lichtquellen und Kamera positioniert
- Anschließend wird die Szene ausgegeben
- Das ganze findet in einer Endlosschleife statt

OpenGL Pipeline

1. Objekte im Raum anordnen und ausrichten (*Modelling Transformations*)
2. Kamera positionieren (*Viewing Transformations*)
   1. Defaultposition (0,0,1)
3. Ausschnitt aus der „Welt“ wählen (*Viewing Volume*)
4. Inhalt des Viewing Volumes in 2D-Ebene Projizieren (*Projection Transformations*)
5. Ausgabe des Resultats auf dem Bildschirm (*Viewport Transformations*)



- Alle 2D-Objekte liegen im Raum in einer Ebene und bestehen aus einer Menge von Punkten
- Mögliche 2D-Objekte:
  - Points (1D)
  - Lines (2D)
  - Line Strips (2D) → Verkettete Linien
  - Line Loops (2D) → geschlossener Linienzug
  - Polygons (2D) → geschlossener, gefüllter Linienzug

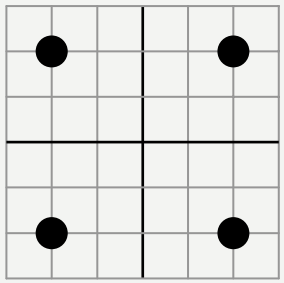
- Beispiel:

```
glBegin(GL_POLYGON);
    glColor3f(1.0f, 0.0f, 0.0f); // red
    glVertex3f(-1.0f, -1.0f, 0.0f);
    glVertex3f(1.0f, -1.0f, 0.0f);
    glColor3f(0.0f, 0.0f, 1.0f); // blue
    glVertex3f(1.0f, 1.0f, 0.0f);
    glVertex3f(-1.0f, 1.0f, 0.0f);
glEnd();
```

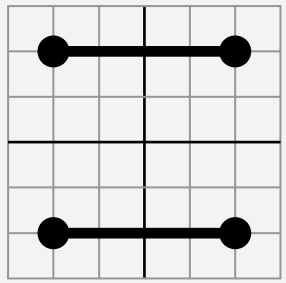
- Weitere Formen:

```
GL_POINTS, GL_LINES (je 2 Punkte verbunden)
GL_LINE_STRIP, GL_LINE_LOOP
GL_POLYGON, GL_QUADS, GL_TRIANGLES
```

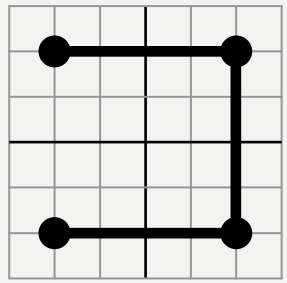
Beispiele:



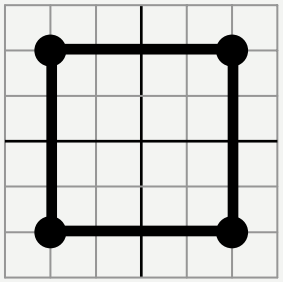
GL_POINTS



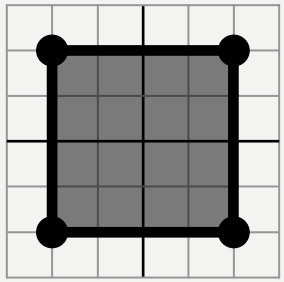
GL_LINES



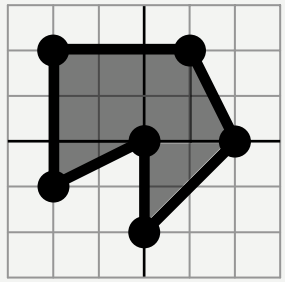
GL_LINE_STRIP



GL_LINE_LOOP



GL_QUADS



GL_POLYGON

- Werden aus 2D-Objekten erstellt
- Vertices einer Fläche unterscheiden sich in allen drei Koordinaten
- Beispiel:
  - Würfel aus 6 Quadraten
  - Würfel aus 12 Dreiecken
  - Kugel aus *n* Dreiecken
  - Tetraeder aus 4 Dreiecken
  - …

OpenGL – Grundlegende Transform.

Die Einheitsmatrix:

```
glLoadIdentity();
```

- Lädt die Einhaitsmatrix (um Speicher zu initialisieren)

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Die Translation:

```
glTranslatef(x, y, z);
glTranslated(x, y, z);
```

- Verschiebt den Ursprung an die neue Position

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & x \\ 0 & 1 & 0 & y \\ 0 & 0 & 1 & z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Die Rotation:

```
glRotatef(a, x, y, z);
glRotated(a, x, y, z);
```

- Rotiert den Ursprung um den Vektor (x, y, z) entgegen dem Uhrzeigersinn

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 \\ 0 & \sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

`glRotate*(α, 1, 0, 0);`

$$\begin{pmatrix} \cos\alpha & -\sin\alpha & 0 & 0 \\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

`glRotate*(α, 0, 0, 1);`

$$\begin{pmatrix} \cos\alpha & 0 & \sin\alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\alpha & 0 & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

`glRotate*(α, 0, 1, 0);`

OpenGL – Zeichnungsablauf

- Zunächst Löschen der Puffer:

```
glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT |
                        GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
```

- Vor dem Zeichnen: Transformation des zu zeichnenden Objektes:

```
glLoadIdentity(); // Laden der Einheitsmatrix
glTranslatef(GLfloat x, GLfloat y, GLfloat z);
glRotatef(GLfloat angle, GLfloat x, GLfloat y,
      GLfloat z);
```

- Nach dem Zeichnen der Objekte: Wechsel des Puffers

```
glutSwapBuffers();
```

Literatur

OpenGL Reference Page:
http://www.mevis.de/opengl/opengl.html

GLUT Man Pages:
http://www.cs.uccs.edu/~semwal/man.html