WiSe 19/20

GEORG-AUGUST-UNIVERSITÄT
GÖTTINGEN

Prof. Dr. Winfried Kurth
Alex Tavkhelidze

Praktikum Computergrafik

Folien zu #1

Einführung:
- grafische Primitive
- Fenstereinstellungen
- Exportieren in Eclipse

Weiteres:
- Objektbibliotheken
- 3D Objekte
- Freiformgeometrie

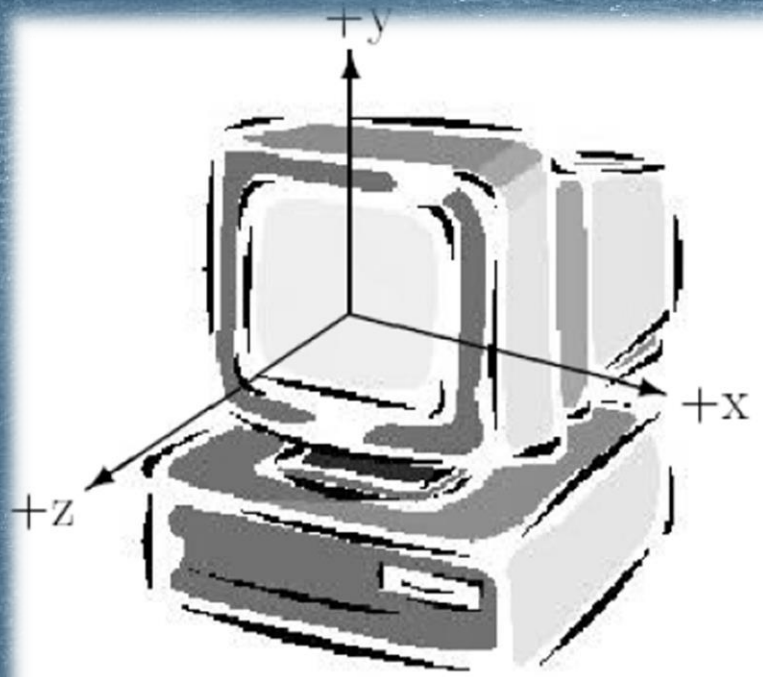
Zum Abspielen klicken (Adobe Flash)

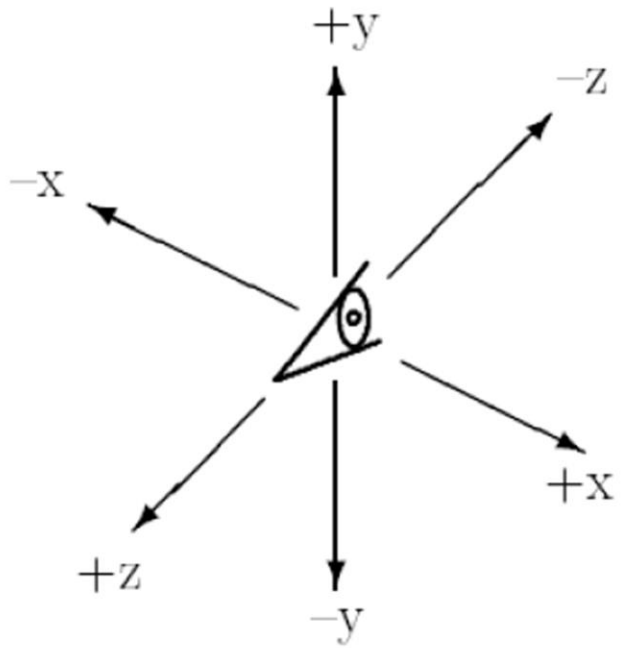
Grafische Primitive in OpenGL

- Mit einfachen Bausteinen erstellt man (hoch)komplexe Strukturen
- Die Bausteine nennt man Primitive in OpenGL

Originalquelle der Animation: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/Beetle.gif

Koordinatensystem in OpenGL

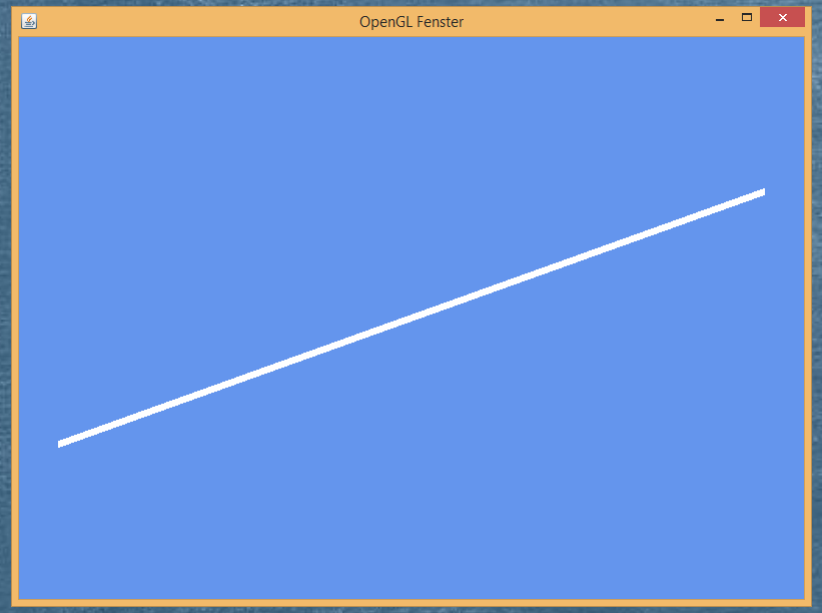




Bestimmung eines 3D-Knotens (Punktes) erfolgt durch den Befehl glVertex3f(float x, float y, float z)

(Nischwitz *et al.*, 2011)

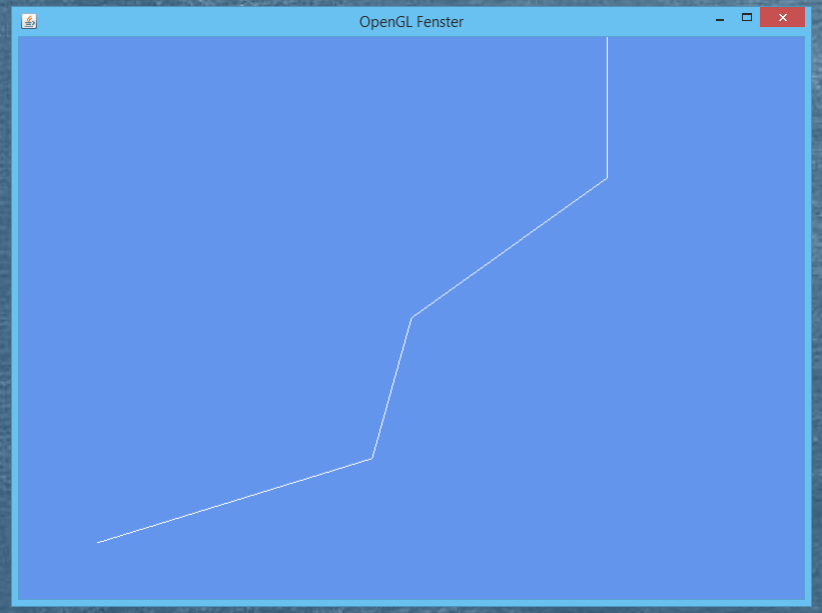
Liniensegmente




```
@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL2.GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

        final float w = 7.0f;

        gl.glLineWidth(w);

        gl.glBegin(GL2.GL_LINES);

            gl.glVertex3f(-0.9f, -0.45f, 0.0f);
            gl.glVertex3f( 0.9f, 0.45f, 0.0f);

        gl.glEnd();

    gl.glFlush();

}
```

- Der Parameter GL2.GL_LINES wandelt zwei Knoten (Vertices) in ihre Verbindungstrecke um
- Die Linienbreite setzt man mit der Methode glLineWidth(float width)

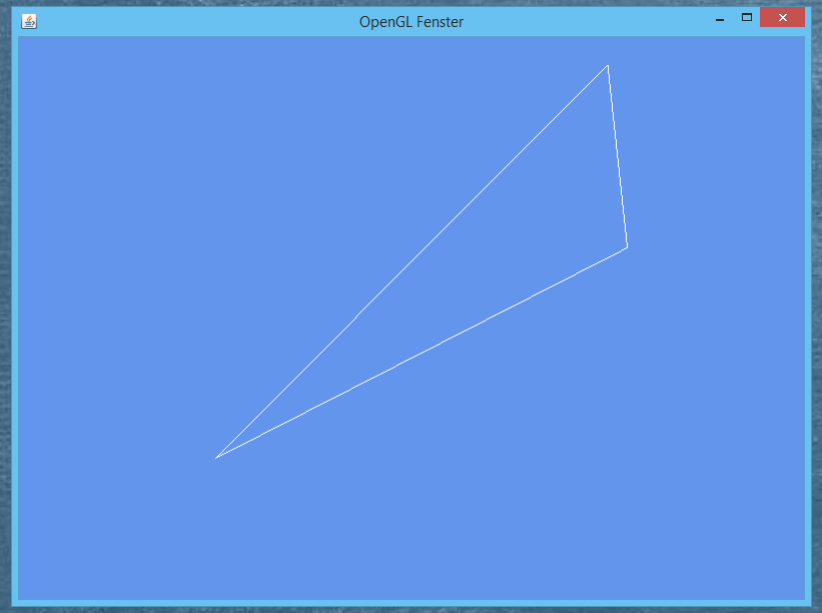
Linienzüge




```
@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL2.GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    gl.glBegin(GL2.GL_LINE_STRIP);

        gl.glVertex3f(-0.8f,-0.8f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(-0.1f,-0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.0f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(0.5f, 0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(0.5f, 1.0f, 0.0f);

    gl.glEnd();

    gl.glFlush();

}
```

- Der Parameter GL2.GL_LINE_STRIP interpretiert die Liste der Vertices als Endpunkte eines Linienzuges

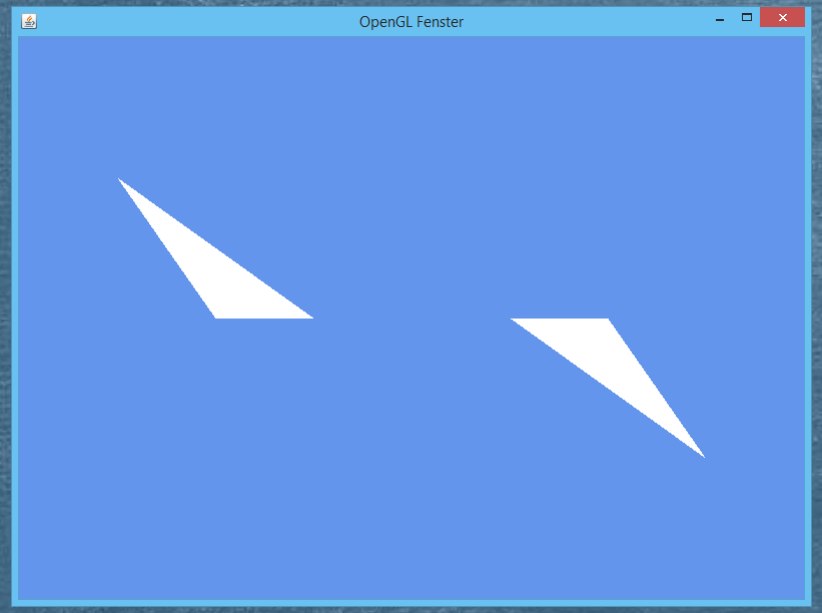
geschlossene Linienzüge




```
@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL2.GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    gl.glBegin(GL2.GL_LINE_LOOP);

        gl.glVertex3f(-0.5f,-0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.55f, 0.25f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f, 0.9f, 0.0f);

    gl.glEnd();

    gl.glFlush();

}
```

- Der Parameter GL2.GL_LINE_LOOP bildet aus der Liste der Vertices einen geschlossenen Linienzug

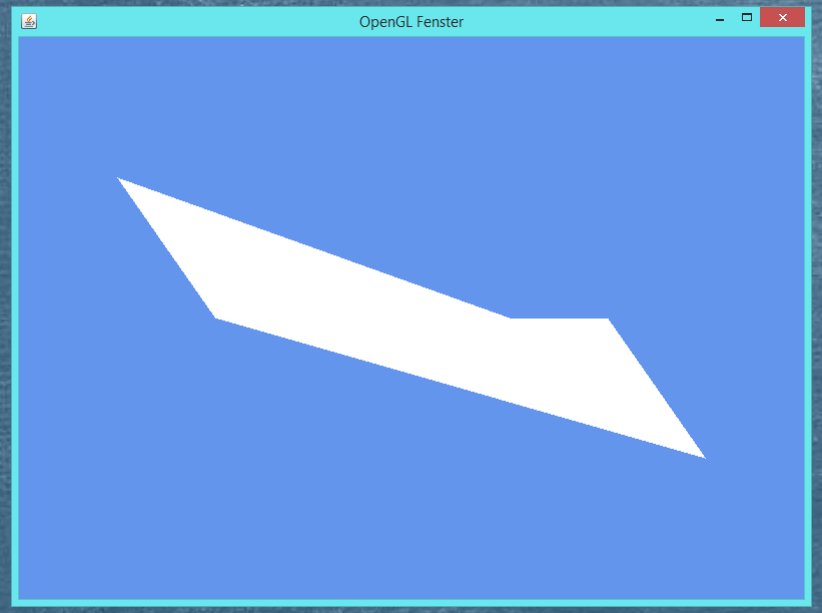
Dreiecke




```
@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL2.GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    gl.glBegin(GL2.GL_TRIANGLES);

        gl.glVertex3f(0.50f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(0.75f, -0.50f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(0.25f, 0.0f, 0.0f);

        gl.glVertex3f(-0.50f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(-0.75f, 0.50f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(-0.25f, 0.0f, 0.0f);

    gl.glEnd();

    gl.glFlush();

}
```

- Der Parameter GL2.GL_TRIANGLES fasst die Dreier von Punkten als Dreiecke zusammen

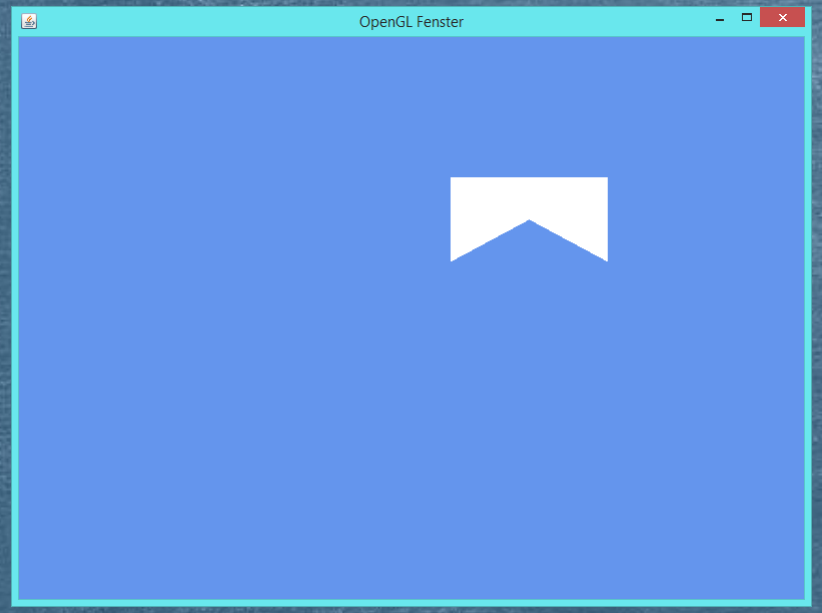
Dreiecksstreifen (1)




```
@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL2.GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    gl.glBegin(GL2.GL_TRIANGLE_STRIP);

        gl.glVertex3f( 0.50f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.75f,-0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.25f, 0.0f, 0.0f);

        gl.glVertex3f(-0.50f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(-0.75f, 0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(-0.25f, 0.0f, 0.0f);

    gl.glEnd();;

    gl.glFlush();

}
```

- Der Parameter GL2.GL_TRIANGLE_STRIP interpretiert die Liste der Vertices als Gruppe verbundener Dreiecke

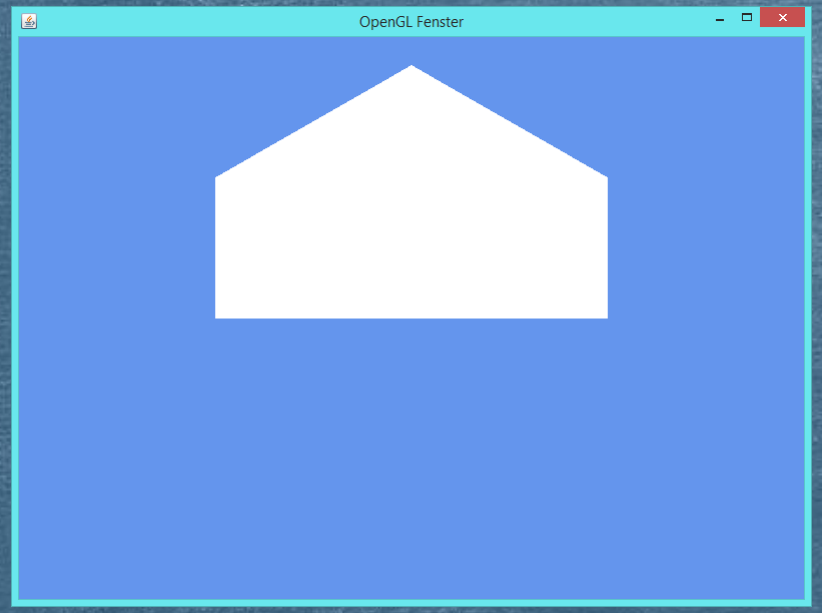
Dreiecksstreifen (2)




```
@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL2.GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    gl.glBegin(GL2.GL_TRIANGLE_STRIP);

        gl.glVertex3f( 0.1f, 0.2f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.1f, 0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f, 0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f, 0.2f, 0.0f);

    gl.glEnd();;

    gl.glFlush();

}
```

- Welches Bauverfahren des Parameters GL2.GL_TRIANGLE_STRIP ergibt sich aus dem Vergleich beider Dreicksstreifen?

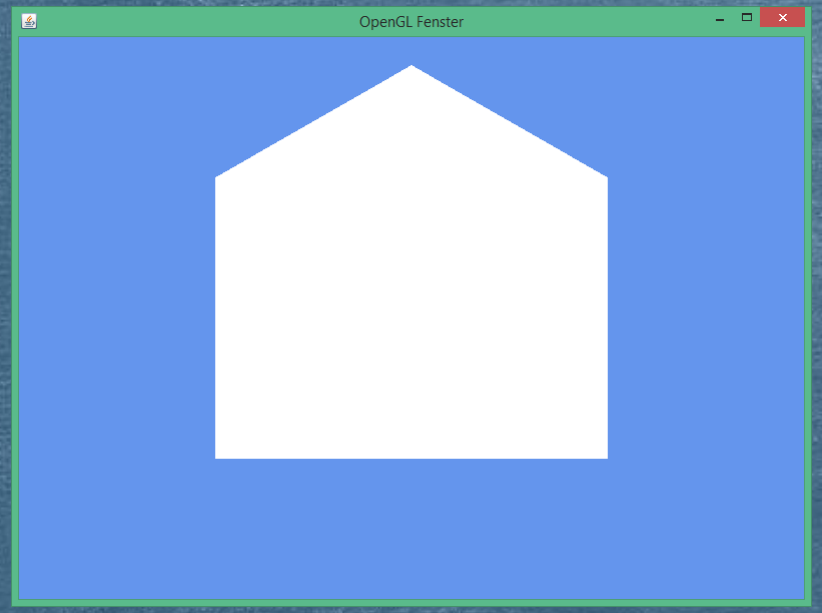
Polygone




```
@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL2.GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    gl.glBegin(GL2.GL_POLYGON);

        gl.glVertex3f(-0.5f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f, 0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.0f, 0.90f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(-0.5f, 0.5f, 0.0f);

    gl.glEnd();

    gl.glFlush();

}
```

- Der Parameter GL2.GL_POLYGON nutzt die Liste der Knoten als Spitze eines Polygons

einfachste Zusammensetzung von Bausteinen



- Erfolgt durch die nacheinanderfolgende Verwendung der gl.glBegin … gl.glEnd Code-Ausschnitte

```
@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT | GL2.GL_DEPTH_BUFFER_BIT);

    gl.glBegin(GL2.GL_POLYGON);

        gl.glVertex3f(-0.5f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f, 0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.0f, 0.9f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(-0.5f, 0.5f, 0.0f);

    gl.glEnd();

    gl.glBegin(GL2.GL_POLYGON);

        gl.glVertex3f(-0.5f,-0.5f, 0.0f);
        gl.glVertex3f(-0.5f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f, 0.0f, 0.0f);
        gl.glVertex3f( 0.5f,-0.5f, 0.0f);

    gl.glEnd();

    gl.glFlush();

}
```

Weitere Grafik-Primitive

Befehl	Beschreibung
GL_POINTS	Zeichnet jeweils einen Punkt
GL_QUADS	Zeichnet mehrere 4-Ecke (aus jeweils 4 Vertices)
GL_QUAD_STRIP	Zeichnet einen Streifen von 4-Ecken
GL_TRIANGLE_FAN	Zeichnet eine Serie von 3-Ecken, die sich einen Mittelpunkt teilen: zB v0,v1,v2, dann v0,v2,v3, dann v0,v3,v4, usw.

Fenstereinstellungen
Farbe

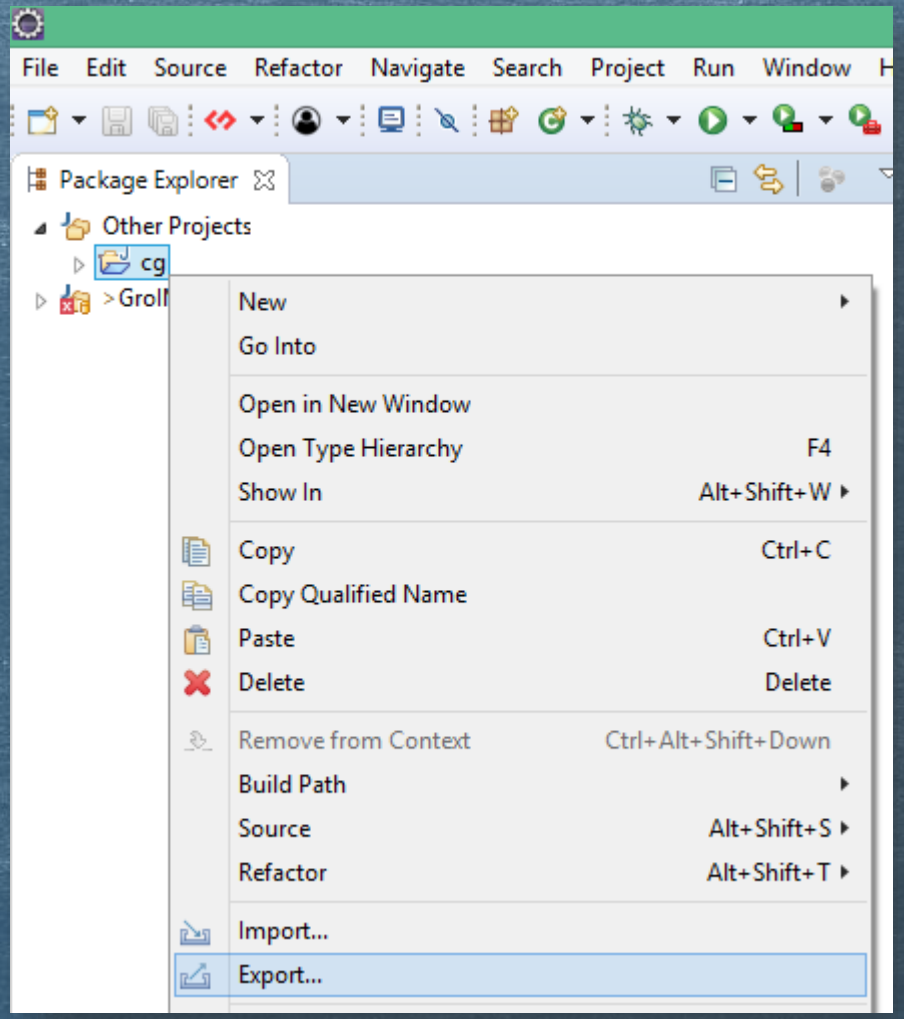
- Die Farbtabelle mit der von 0 bis 1 verlaufenden RGB-Werten ist beispielsweise unter diesem Link abrufbar:

www.rgbtool.com

```
@Override
public void init(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();

2   /*Mit diesem Befehl setzt sich eine andere Farbe mit Gleitkommazahlen
     * als Parameter,die dem RGBA-Format entsprechen */
    gl.glClearColor(0.863f, 0.078f, 0.235f, 1.0f);

}

@Override
public void display(GLAutoDrawable drawable) {
    // TODO Auto-generated method stub

    GL2 gl = drawable.getGL().getGL2();

1   // Löschung des Farbpuffers (Schwarz setzt sich defaultmäßig)
    gl.glClear(GL2.GL_COLOR_BUFFER_BIT);

    // call your draw code here

    gl.glFlush();

}
```

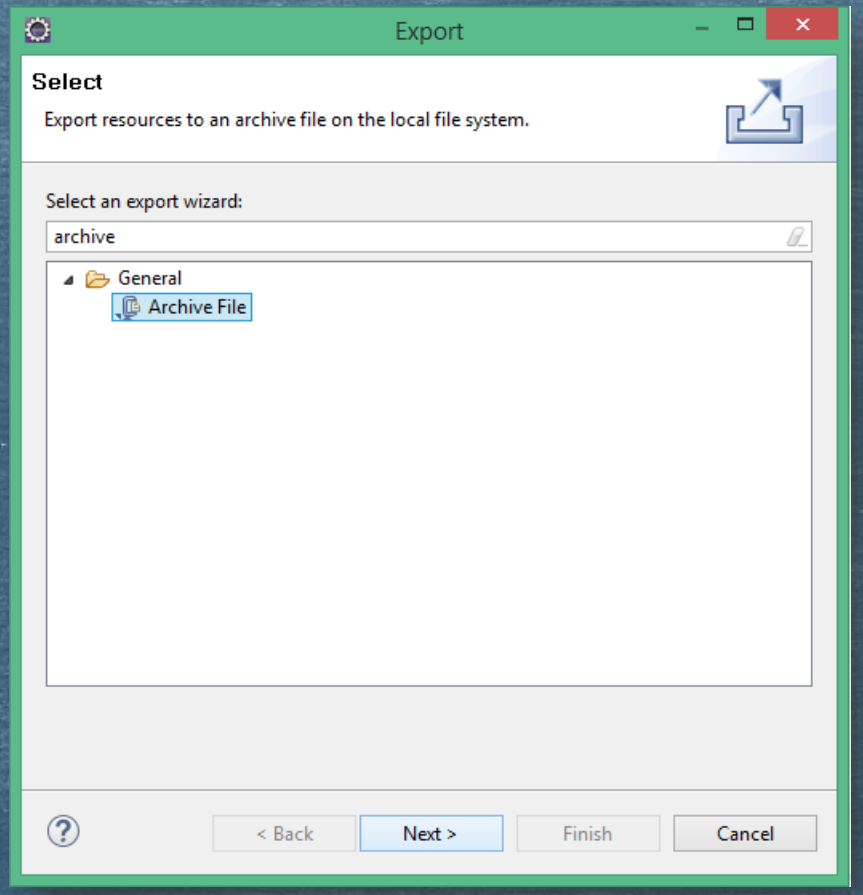
Exportieren von Java-Projekten in Eclipse

Schritt 1 von 4



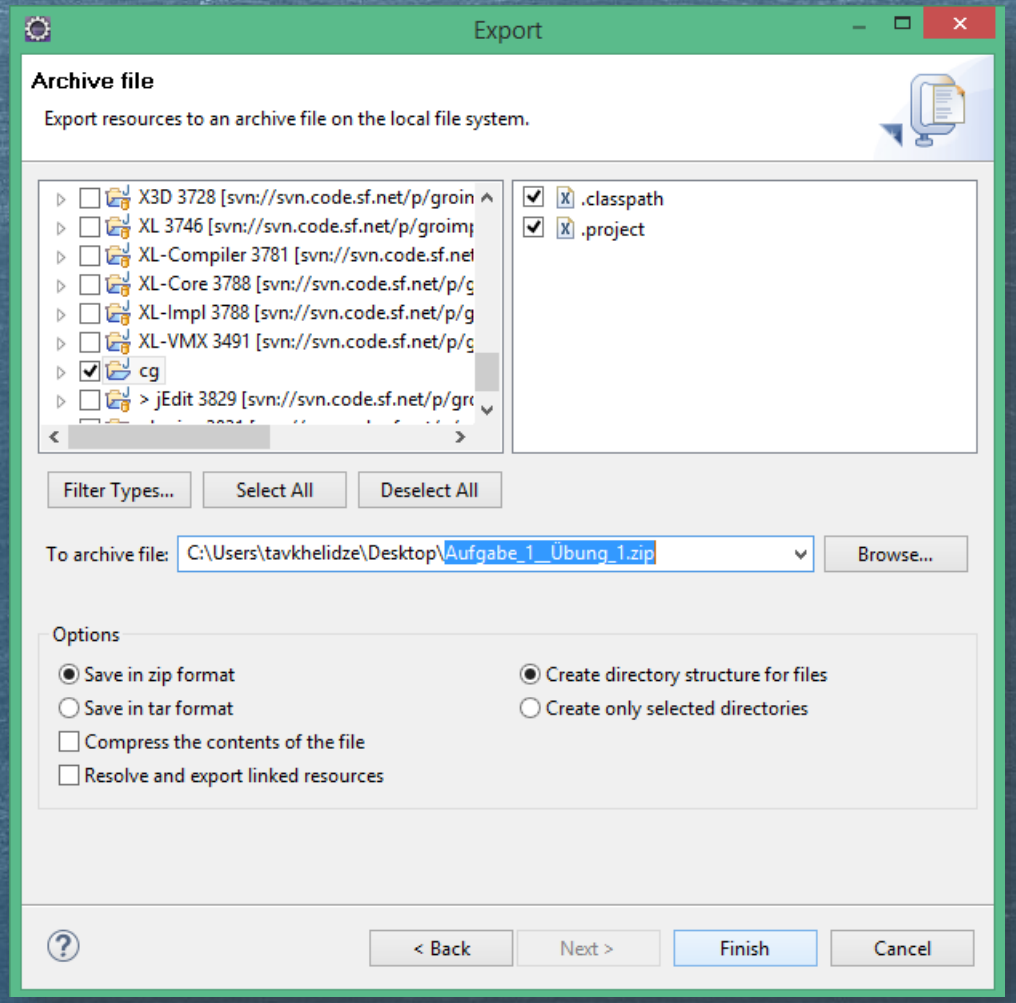
Exportieren von Java-Projekten in Eclipse

Schritt 2 von 4



Exportieren von Java-Projekten in Eclipse

Schritt 3 von 4



Exportieren von Java-Projekten in Eclipse

Schritt 4 von 4

Bibliotheken für geometrische Objekte (1)

Bibliothek

com.jogamp.opengl.GL2

Geometrische Objekte

Geometrische Primitive:

Linien	*Vielecke (Polygone)*	
Punkte	*Dreiecke*	*Vierecke*
GL2.GL_POINTS glPointSize()	GL2.GL_TRIANGLES	GL2.GL_QUADS

Weitere geometrischen Objekte:

Scheiben	*Tetraeder*	*Würfel*

Freiformgeometrie:

Bézierkurven	*Bézierflächen*

Bibliotheken für geometrische Objekte (2)

Bibliothek

com.jogamp.opengl.glu.GLU

com.jogamp.opengl.util.gl2.GLUT

Geometrische Objekte

Quadriken:

Scheibe gluDisk()	*Scheibenausschnitt* gluPartialDisk()
Kugel gluSphere()	*Zylinder* gluCylinder()

Basische 3D Objekte:

Würfel Drahtgitter	glutWireCube()	Kugel Drahtgitter	glutWireSphere()
Würfel Volumen	glutSolidCube()	Kugel Volumen	glutSolidSphere()
Kegel Drahtgitter	glutWireCone()	Torus Drahtgitter	glutWireTorus()
Kegel Volumen	glutSolidCone()	Torus Volumen	glutSolidTorus()

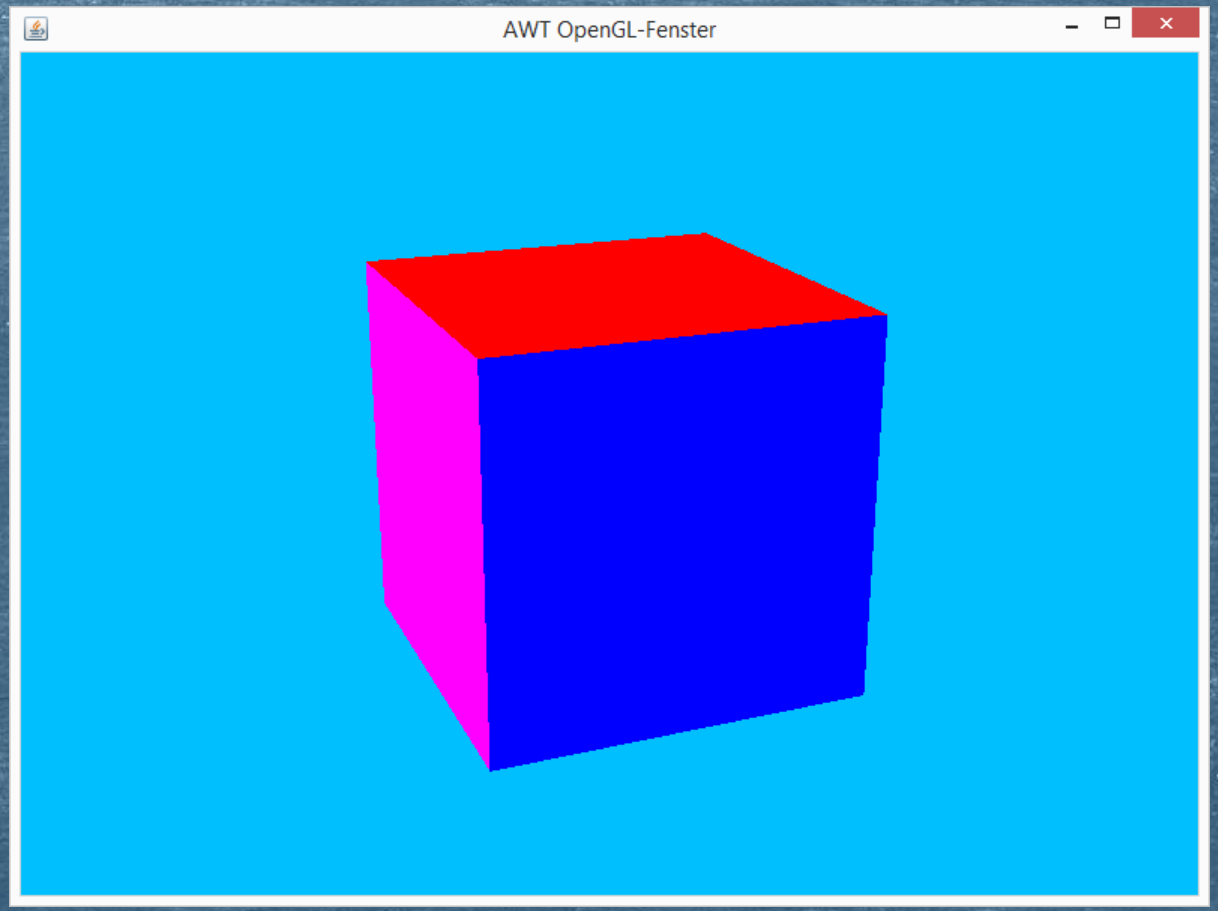
Weitere 3D Objekte:

Tetraeder Drahtgitter	glutWireTetrahedron()	**Teekanne** Drahtgitter	glutWireTeapot()
Tetraeder Volumen	glutSolidTetrahedron()	**Teekanne** Volumen	glutSolidTeapot()

3D-Objekte: Würfel (1)

Volumen, ohne Farbverlauf

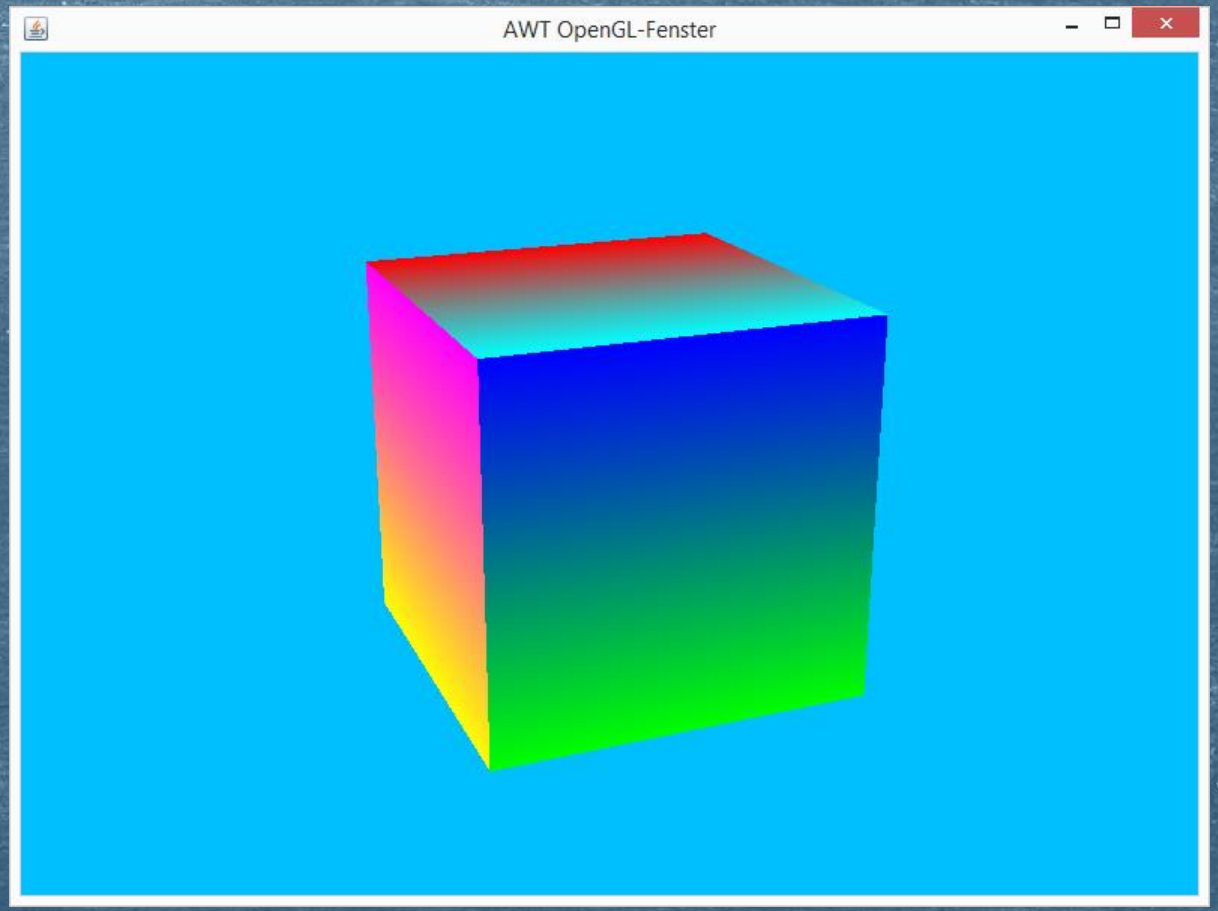
```
void drawCube(GL2 gl) {

    gl.glBegin(GL2.GL_QUADS);

      // Obere Fläche
    gl.glColor3f( 1f,0f,0f );   //red color
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, -0.7f); // Top Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Bottom Right

      // Untere Fläche
    gl.glColor3f( 0f,1f,0f ); //green color
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Top Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Right

      // Vordere Fläche
    gl.glColor3f( 0f,0f,1f ); //blue color
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Top Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Bottom Right

      // Hintere Fläche
    gl.glColor3f( 1f,1f,0f ); //yellow (red+green)
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Left

      // Linke Fläche
    gl.glColor3f( 1f,0f,1f ); //purple (red+green)
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Bottom Right

      // Rechte Fläche
    gl.glColor3f( 0f,1f, 1f ); //sky blue (blue+green)
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Top Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Right

    gl.glEnd();
}
```



3D-Objekte: Würfel (2)

Volumen, mit Farbverlauf

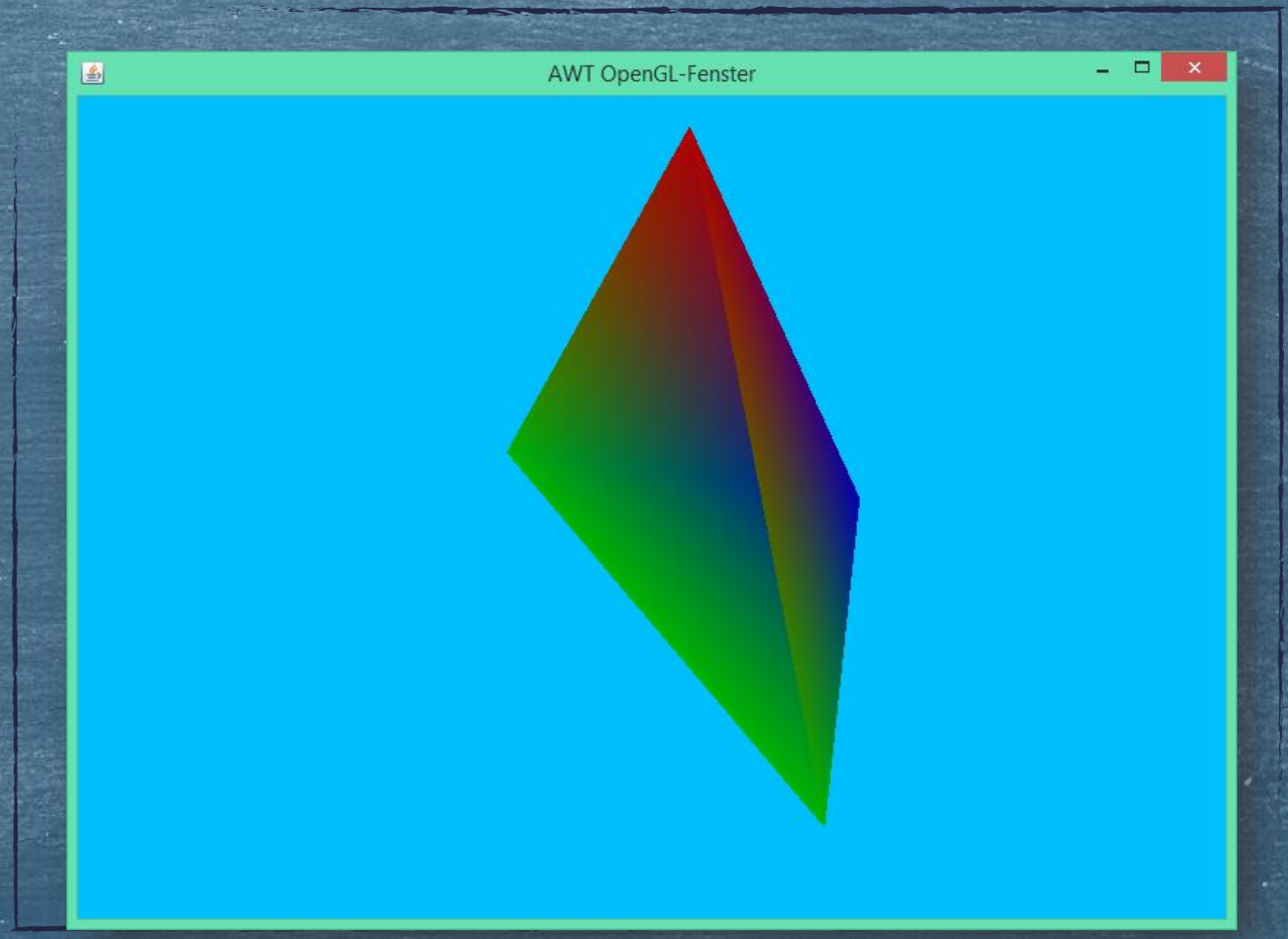
```
void drawCube(GL2 gl) {

    gl.glBegin(GL2.GL_QUADS);

      // Obere Fläche
    gl.glColor3f( 1f,0f,0f );   //red color
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, -0.7f); // Top Left
    gl.glColor3f( 0f,1f, 1f ); //sky blue (blue+green)
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Bottom Right

      // Untere Fläche
    gl.glColor3f( 0f,1f,0f ); //green color
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Top Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Right

      // Vordere Fläche
    gl.glColor3f( 0f,0f,1f ); //blue color
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Top Left
    gl.glColor3f( 0f,1f,0f ); //green color
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Bottom Right

      // Hintere Fläche
    gl.glColor3f( 1f,1f,0f ); //yellow (red+green)
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Left

      // Linke Fläche
    gl.glColor3f( 1f,0f,1f ); //purple (red+green)
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( -0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Left
    gl.glColor3f( 1f,1f,0f ); //yellow (red+green)
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Bottom Right

      // Rechte Fläche
    gl.glColor3f( 0f,1f, 1f ); //sky blue (blue+green)
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, -0.7f ); // Top Right
    gl.glVertex3f( 0.7f, 0.7f, 0.7f ); // Top Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Bottom Left
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Bottom Right

    gl.glEnd();
}
```



3D-Objekte: Tetraeder

Durchsichtig, mit Farbverlauf

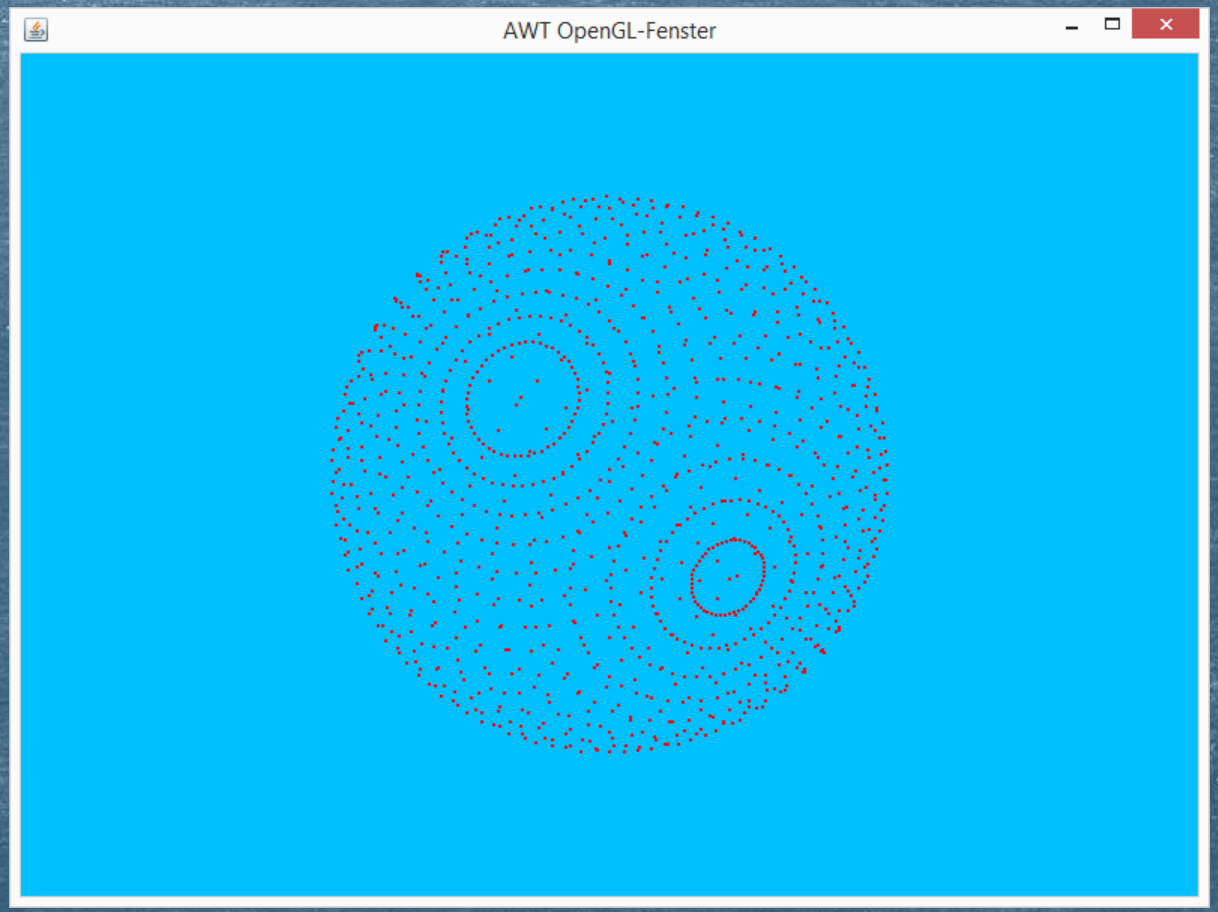
```
    void drawTetrahedron(GL2 gl) {

    gl.glBegin(GL2.GL_TRIANGLES);

     // erste Seitenfläche
    gl.glColor3f( 0.7f, 0.0f, 0.0f ); // Red
    gl.glVertex3f( 0.7f, 1.0f, 0.0f ); // Top
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.7f, 0.0f ); // Green
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Left
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.0f, 0.7f ); // Blue
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Right

    // zweite Seitenfläche
    gl.glColor3f( 0.7f, 0.0f, 0.0f ); // Red
    gl.glVertex3f( 0.7f, 1.0f, 0.0f ); // Top
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.0f, 0.7f ); // Blue
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Left
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.7f, 0.0f ); // Green
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Right

    // dritte Seitenfläche
    gl.glColor3f( 0.7f, 0.0f, 0.0f ); // Red
    gl.glVertex3f( 0.7f, 1.0f, 0.0f ); // Top
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.7f, 0.0f ); // Green
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Left
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.0f, 0.7f ); // Blue
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Right

    // GrundFläche
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.7f, 0.0f ); // Red
    gl.glVertex3f( -0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Top
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.0f, 0.7f ); // Blue
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, 0.7f ); // Left
    gl.glColor3f( 0.0f, 0.7f, 0.0f ); // Green
    gl.glVertex3f( 0.7f, -0.7f, -0.7f ); // Right

    gl.glEnd();
}
```



3D-Objekte: Kugel (1)

GLU, Punktewolke

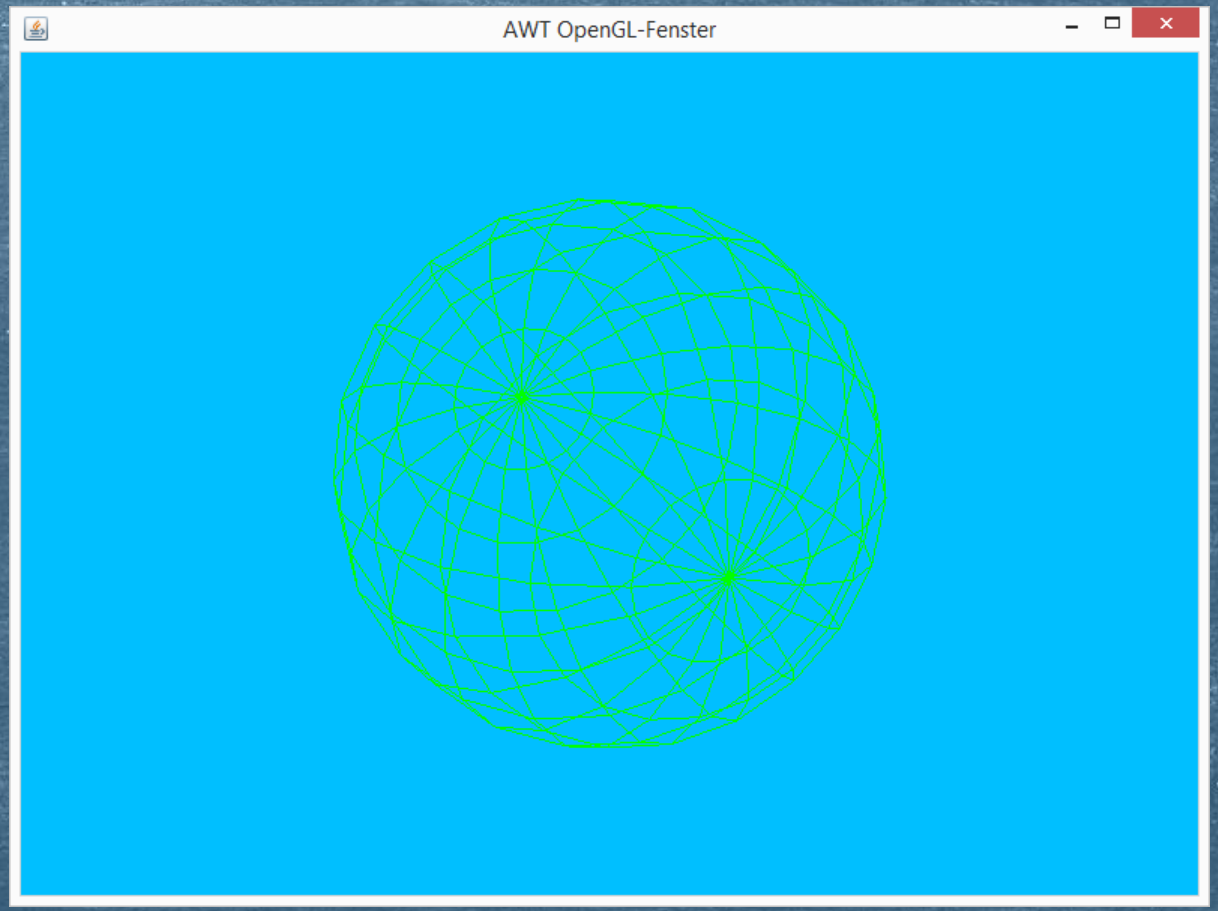
```
    void drawGluPCSphere(GLU glu, GL2 gl) {

    GLUquadric quad;
    quad = glu.gluNewQuadric();

    gl.glPointSize(2f);
    glu.gluQuadricDrawStyle(quad, GLU.GLU_POINT);

    gl.glColor3f(1,0,0); // rot

    glu.gluSphere(quad,1,50,25);

}
```



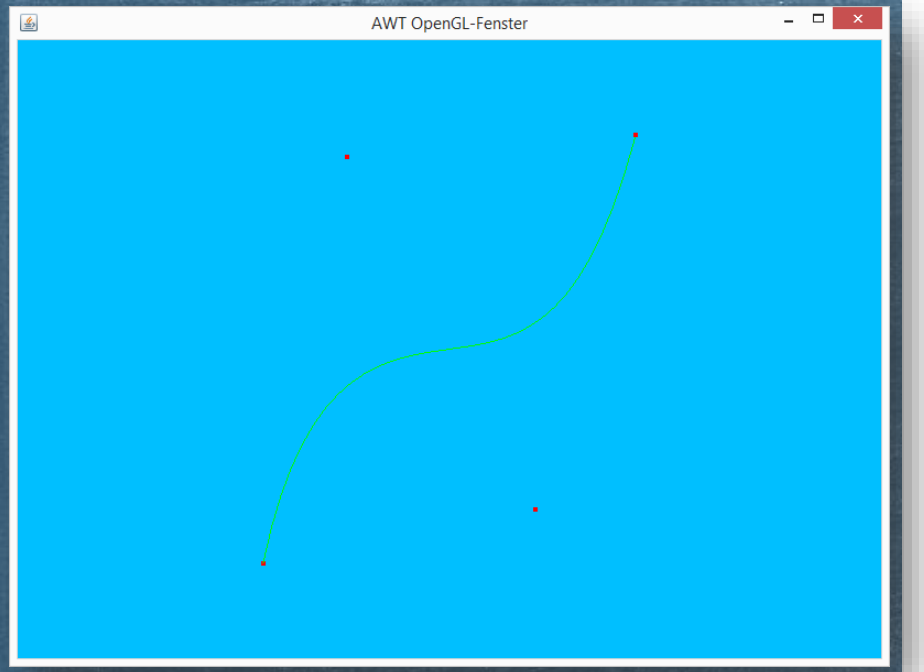
3D-Objekte: Kugel (2)

GLUT, Drahtgitter

```
    void drawGlutWiSphere(GLUT glut, GL2 gl) {

    gl.glColor3f(0f, 1f, 0f); // Green

    glut.glutWireSphere(1, 20, 10);
}
```

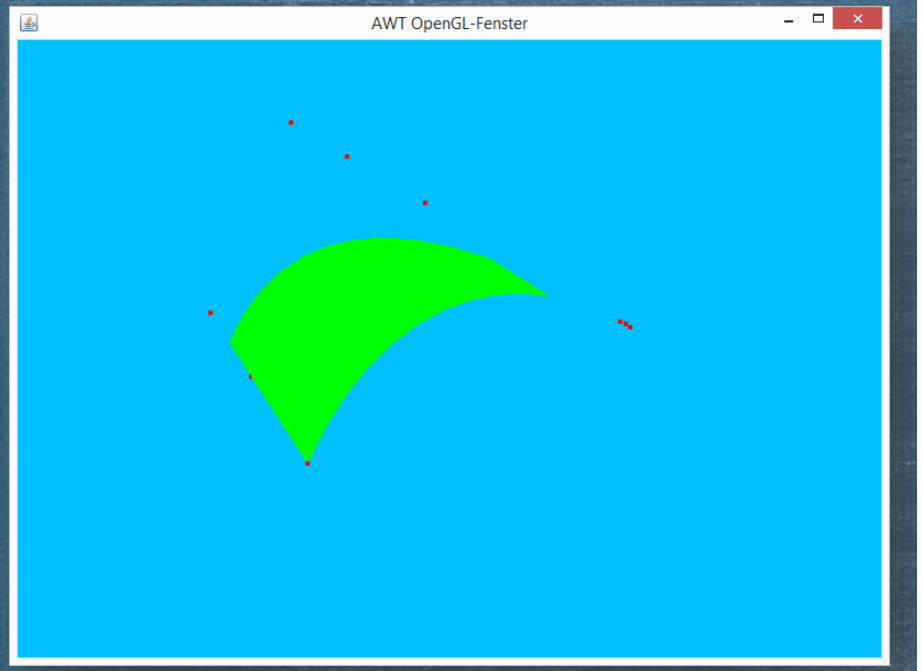


Freiformgeometrie: Bézierkurve




```
void drawBezCur (GL2 gl) {

        int numPoints = 4;
        float ctrlPoints[] = {
        -1.0f, -1.0f, 0.0f, // erster Kontrollpunkt (Endpunkt)
        -0.5f, 1.0f, 0.0f, // zweiter Kontrollpunkt
        0.5f, -1.0f, 0.0f, // dritter Kontrollpunkt
        1.0f, 1.0f, 0f}; // vierter Kontrollpunkt (Endpunkt)

        // Deklaration einer Variablen vom Typ Gleitkommazahlenpuffer und Angabe von passender Zielgröße dieses Pufferelements
        FloatBuffer ctrlPointsBf = Buffers.newDirectFloatBuffer(ctrlPoints.length);

        // Einspeisen von Daten aus dem Datenfeld ctrlPoints in den deklarierten Puffer
        for (int i = 0; i < ctrlPoints.length; i++) { ctrlPointsBf.put(ctrlPoints[i]); }
        ctrlPointsBf.rewind();

        // legt die Kontrollpunkte der Kurve fest
        gl.glMap1f(GL2.GL_MAP1_VERTEX_3, 0.0f, 1f, 3, numPoints, ctrlPointsBf);

        // Aktiviert die Erstellung von x-,y-,z-Vertexkoordinaten wenn glMapGrid1f und glEvalMesh1 aufgerufen sind
        gl.glEnable(GL2.GL_MAP1_VERTEX_3);

        // Zeichnen von Kontrollpunkten (man darf dies weglassen und nur die Kurve rendern lassen)
        gl.glPointSize(4f);
        gl.glBegin(GL2.GL_POINTS);
        for (int i = 0; i < numPoints; i++) {
            gl.glColor3f(1f,0,0);
            gl.glVertex3f(ctrlPoints[3*i], ctrlPoints[3*i+1], ctrlPoints[3*i+2]);
        }
        gl.glEnd();

        // erzeugt ein eidimensionales Punkte-Gitter
        gl.glMapGrid1f(30, 0.0f, 1f);
        // berechnet und rendert die Kurve (wertet die Kurve in Gitterpunkten aus)
        // Anstelle des Parameters GL_LINE (Linienzug) steht auch GL_POINT (Punktewolke) zur Verfügung
        gl.glColor3f(0f,1f,0);
        gl.glEvalMesh1(GL2.GL_LINE, 0, 30);
        }
```

Freiformgeometrie: Bézierfläche




```
void drawBezSur (GL2 gl) {

    int numPlines = 3; // Anzahl der Linienzüge im Gitternetz der Fläche (siehe Details unter http://www-lehre.inf.uos.de/~cg/2008/skript/node132.html)
    float ctrlPoints[] = {
    // Erster Linienzug
    -1.0f, 0.0f, 1.0f, // erster Kontrollpunkt
    -0.5f, 1.0f, 1.0f, // zweiter Kontrollpunkt
    1.0f, 0.0f, 0.05f, // dritter Kontrollpunkt
    // Zweiter Linienzug
    -1.0f, 0.0f, 0.0f, // erster Kontrollpunkt
    -0.5f, 1.0f, 0.0f, // zweiter Kontrollpunkt
    1.0f, 0.0f, 0.0f, // dritter Kontrollpunkt
    // Dritter Linienzug
    -1.0f, 0.0f,-1.0f, // erster Kontrollpunkt
    -0.5f, 1.0f,-1.0f, // zweiter Kontrollpunkt
    1.0f, 0.0f,-0.05f}; // dritter Kontrollpunkt

    // Deklaration einer Variablen vom Typ Gleitkommazahlenpuffer und Angabe von passender Zielgröße dieses Pufferelements
    FloatBuffer ctrlPointsBf = Buffers.newDirectFloatBuffer(ctrlPoints.length);

    // Einspeisen von Daten aus dem Datenfeld ctrlPoints in den deklarierten Puffer
    for (int i = 0; i < ctrlPoints.length; i++) { ctrlPointsBf.put(ctrlPoints[i]); }
    ctrlPointsBf.rewind();

    // legt die Kontrollpunkte der Fläche fest - mehr Details unter https://wiki.delphigl.com/index.php/glMap2
    gl.glMap2f(GL2.GL_MAP2_VERTEX_3, 0.0f, 4f, 3, 3, 0.0f, 4f, 9, 3, ctrlPointsBf);

    // Aktiviert die Erstellung von x-,y-,z-Vertexkoordinaten wenn glMapGrid2f und glEvalMesh2 aufgerufen sind
    gl.glEnable(GL2.GL_MAP2_VERTEX_3);

    // Zeichnen von Kontrollpunkten (man darf dies weglassen und nur die Fläche rendern lassen)
    gl.glPointSize(4f);
    gl.glBegin(GL2.GL_POINTS);
    for (int i = 0; i < numPlines*3; i++) {
        gl.glColor3f(1f,0,0);
        gl.glVertex3f(ctrlPoints[3*i], ctrlPoints[3*i+1], ctrlPoints[3*i+2]);
    }
    gl.glEnd();

    // erzeugt ein zweidimensionales Punkte-Gitter - mehr Details unter https://wiki.delphigl.com/index.php/glMapGrid
    gl.glMapGrid2f(10, 0.0f, 3f, 10,  0f,  3f);
    // berechnet und rendert die Fläche (wertet die Fläche in Gitterpunkten aus) - mehr Details unter https://wiki.delphigl.com/index.php/glEvalMesh
    // Anstelle des Parameters GL_FILL (gefüllte Fläche) stehen auch GL_LINE (Drahtgitter) und GL_POINT (Punktewolke) zur Verfügung
    gl.glColor3f(0f,1f,0);
    gl.glEvalMesh2(GL2.GL_FILL, 0, 10, 0, 10);
    }
```