9. Digitale Verarbeitung 3-dimensionaler Darstellungen

Literatur:

http://java.sun.com/developer/onlineTraining/java3d/index.html
http://java.sun.com/docs/books/java3d/index.html
D. Selman: Java 3D Programming, Manning 2002
http://www.j3d.org, http://www.java3d.org/

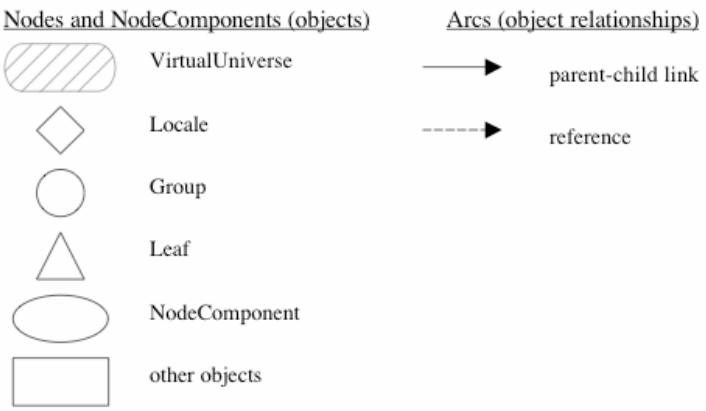
Java 3D

- Java 3D API
  - Ist eine Schnittstelle zum Erstellen von Programmen, die dreidimensionale Grafik darstellen können und Interaktion mit dreidimensionaler Grafik ermöglichen
  - Ist (wie Java 2D) auf höherer Abstraktionsebene angesiedelt als maschinennahe Grafik-Schnittstellen wie DirectX und OpenGL
- Wichtige Eigenschaften:
  - Verwendung von Nebenläufigkeit (Threads), wo möglich
  - Benutzung der Szenengraph-Abstraktion (analog zu VRML)
  - Erlaubt die Erzeugung von eigenständigen Programmen oder Applets zur Einbindung in Webseiten
- Pakete:
  - **`javax.media.j3d`**
  - **`com.sun.j3d.utils`** *Java 3D utility classes*

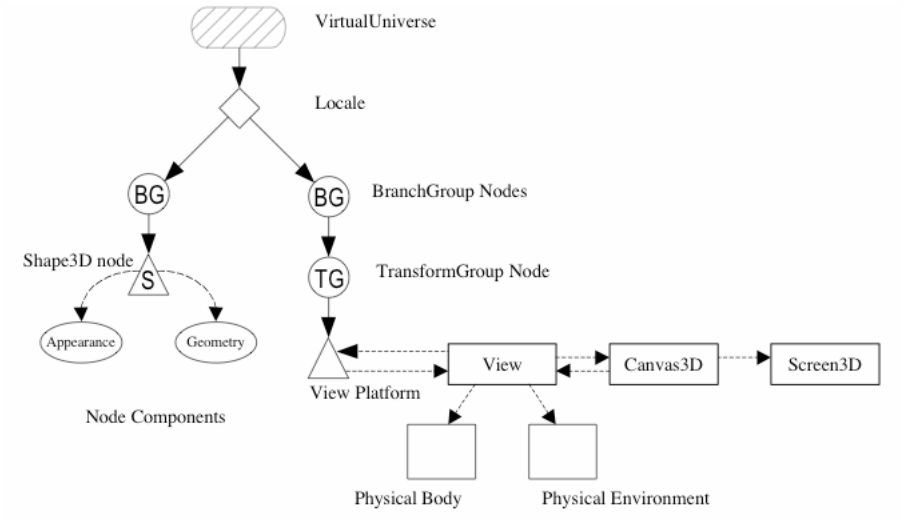
Szenengraph

- Baumstruktur aus Knotenobjekten *(Node objects)*
  - Terminologie stark an VRML angelehnt
  - Die Darstellung eines einzelnen Knotens hängt von dem *Pfad* von der Wurzel des Szenengraphs bis zum Knoten ab
    - » Transformations-Knoten
    - » Zusatzknoten mit weiterer Information, z.B. über Texturen
  - Sharing von Knoten (d.h. Directed Acyclic Graph = DAG) nur unter sehr speziellen Umständen erlaubt
- Java-Szenengraph ist eine Datenstruktur
  - Kann dynamisch modifiziert werden
  - Teilweise sehr umfangreich
    - » Optimierungen

Grafische Darstellung von Szenengraphen



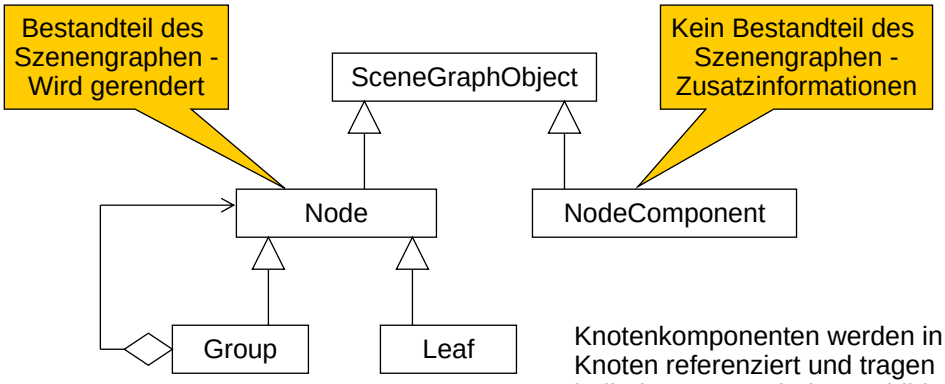
Beispiel eines Szenengraphen



Terminologie für Szenengraphen

- *VirtualUniverse:*
  - Üblicherweise die Wurzel des Szenengraphen
- *Locale:*
  - Referenzpunkt im Universum (z.B. für Raum, Gebäude)
  - Typischerweise hat ein *Locale*-Knoten zwei Untergraphen:
    - » *Ansichts-Szenengraph (view branch graph)*
    - » *Inhalts-Szenengraph (content branch graph)*
- *BranchGroup:*
  - Allgemeiner Begriff für die Wurzel eines Untergraphen
- *Node:* Beliebiger Knoten in den Untergraphen
- *Group:* Gruppierungsknoten
- *Leaf:* Blattknoten, z.B. für elementare Objekte, Beleuchtung, Ton
- *NodeComponent:* Knoten, die Zusatzeigenschaften darstellbarer Knoten definieren (Geometrie, Material, Textur, ...)

Klassenstruktur



Knotenkomponenten werden in Knoten referenziert und tragen indirekt zum Erscheinungsbild bei, z.B. Material, Appearance, Geometry

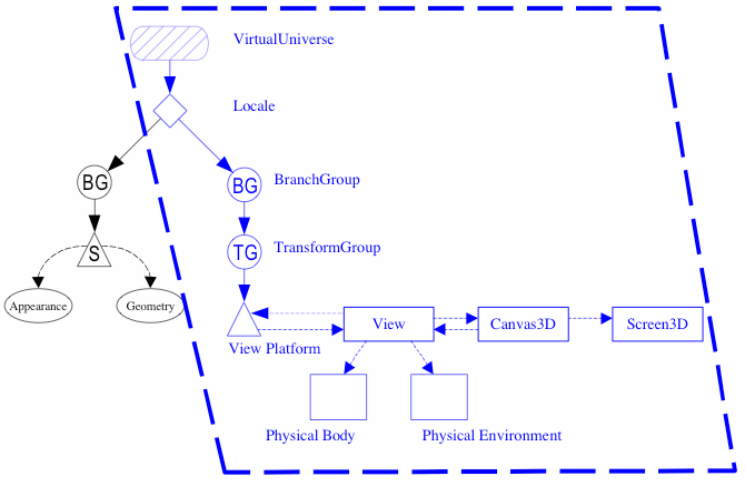
Composite-Entwurfsmuster

Basisrezept für Java 3D-Programme

1. Erzeuge ein **`Canvas3D`**-Objekt
2. Erzeuge ein **`VirtualUniverse`**-Objekt
3. Erzeuge (mindestens) ein **`Locale`**-Objekt, binde es an das **`VirtualUniverse`**-Objekt
4. Erzeuge einen Ansichts-Szenengraph
   a. Erzeuge ein **`View`**-Objekt
   b. Erzeuge ein **`ViewPlatform`**-Objekt
   c. Erzeuge ein **`PhysicalBody`**-Objekt
   d. Erzeuge ein **`PhysicalEnvironment`**-Objekt
   e. Binde **`ViewPlatform`**-, **`PhysicalBody`**, **`PhysicalEnvironment`**- und **`Canvas3D`**-Objekte an **`View`**-Objekt an
5. Erzeuge einen Inhalts-Szenengraph
6. Compiliere Untergraphen
7. Füge Untergraphen zum **`Locale`**-Objekt hinzu

SimpleUniverse

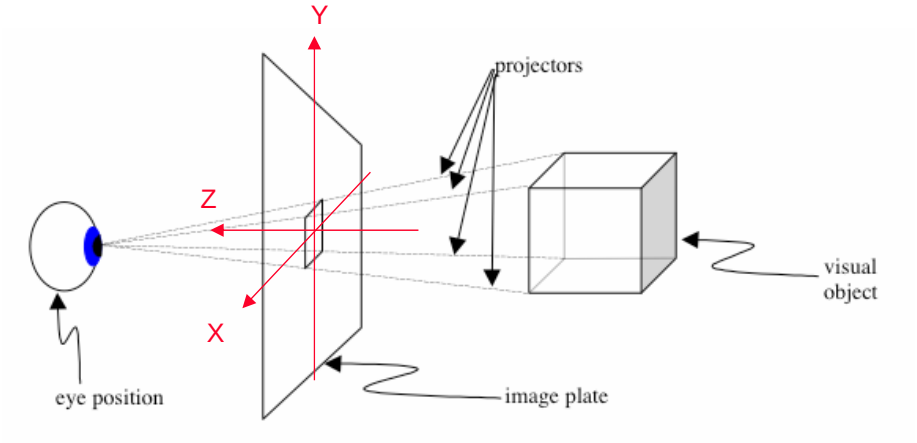
- Eine Hilfsklasse aus **`com.sun.j3d.utils`** enthält bereits wesentliche Teile eines Standard-Universums:



Beispiel: HelloJava3Da.java

```
public class HelloJava3Da extends Applet {

    public HelloJava3Da() {
        setLayout(new BorderLayout());
        Canvas3D canvas3D = new Canvas3D(null);
        add("Center", canvas3D);
        BranchGroup scene = createSceneGraph();
        scene.compile(); //Optional
        SimpleUniverse simpleU = new SimpleUniverse(canvas3D);
        simpleU.getViewingPlatform().setNominalViewingTransform();
        simpleU.addBranchGraph(scene);
    }

    public BranchGroup createSceneGraph() {
      BranchGroup objRoot = new BranchGroup();
      objRoot.addChild(new ColorCube(0.4));
      return objRoot;
    }

    public static void main(String[] args) {
      Frame frame = new MainFrame(new HelloJava3Da(), 256, 256);
    }

}
```

Konzeptionelle Grundsituation beim Rendering



Hilfsfunktionen in SimpleUniverse

- **`void setNominalViewingTransform()`**
  - Das SimpleUniverse enthält bereits ein **`ViewingPlatform`**-Objekt
  - Mit dieser Methode:
    - » Verschieben der **`ViewingPlatform`** nach hinten
    - » Um 2,41 m zurück auf (0, 0, 2.41)
      (so dass 2 x 2 m grosse Objekte gut sichtbar sind)
- **`ViewingPlatform getViewingPlatform()`**
  - Liefert das **`ViewingPlatform`**-Objekt des SimpleUniverse
- **`void addBranchGroup(BranchGroup bg)`**
  - Fügt einen Inhalts-Szenengraph zum **`Locale`**-Objekt des SimpleUniverse hinzu

Live und Compiled

- Teilbäume des Szenengraphen können drei Zustände haben
- „Tot“:
  - Szenengraph, der nicht in ein **`Locale`**-Objekt eingebunden ist
- *Live:*
  - Szenengraph ist direkt oder indirekt an ein **`Locale`**-Objekt angebunden
  - Betreffender Szenengraph wird gerendert
  - Änderungen von Eigenschaften sind nur über vorher definierte *capabilities* möglich
- *Compiled:*
  - **`BranchGroup`**-Objekte können mit **`compile()`** in eine Form überführt werden, die effizienter gerendert werden kann
  - Empfehlenswert als letzter Schritt vor der *Live*-Schaltung
- Testprädikate:
  - **`isLive(), isCompiled()`**

Import-Statements für HelloJava3D.java

```
import java.applet.Applet;
import java.awt.BorderLayout;
import java.awt.Frame;
import java.awt.event.*;
import com.sun.j3d.utils.applet.MainFrame;
import com.sun.j3d.utils.universe.*;
import com.sun.j3d.utils.geometry.ColorCube;
import javax.media.j3d.*;
import javax.vecmath.*;
```

ColorCube

- Geometrie-Objekt
  - Aus sun.com.j3d.utils.geometry
  - Spezialfall von **`Shape3D`**
  - Quader mit verschiedenfarbigen Flächen
- Standardort:
  - Mitttelpunkt = Koordinatenursprung
- Standardgrösse:
  - 2 x 2 x 2 m
- Konstruktor:

  `ColorCube(double scale)`
  - **`scale`** gibt einen Skalierungsfaktor an
  - **`ColorCube(0.4):`**
    Ecken an den Koodinatenpositionen +/- 0.4 m

Transformations-Objekte

- In Analogie zu VRML werden Transformationen durch Knoten im Szenengraphen beschrieben
- **`Transform3D:`**
  - Von Knoten referenziert (ähnlich zu Knotenkomponenten), nicht direkt Bestandteil des Szenengraphen
  - Standard-Konstruktor erzeugt Identitäts-Transformation
  - **`void rotX(double angle),`** analog **`rotY, rotZ:`**
    Rotation um gegebenen Wert (Radian) gegen den Uhrzeigersinn
  - Mit Multiplikation (**`mul`**-Operation) kombinierbar
  - **`void set(Vector3f translate):`**
    Translation um gegebenen 3D-Vektor (Float)
- **`TransformGroup:`**
  - Knoten, Bestandteil des Szenengraphen
  - Beschreibung der genauen Transformation durch **`Transform3D`**-Objekte
  - **`Transform3D`**-Objekt kann übergeben werden:
    - » Als Konstruktorargument
    - » Mit **`setTransform(Transform3D t)`**

Beispiel: HelloJava3Db.java

```
public BranchGroup createSceneGraph() {

  BranchGroup objRoot = new BranchGroup();

  Transform3D rotate = new Transform3D();
  Transform3D tempRotate = new Transform3D();
  rotate.rotX(Math.PI/4.0d);
  tempRotate.rotY(Math.PI/5.0d);
  rotate.mul(tempRotate);
  TransformGroup objRotate =
    new TransformGroup(rotate);

  objRoot.addChild(objRotate);
  objRotate.addChild(new ColorCube(0.4));
  objRoot.compile();

  return objRoot;
}
```


Capabilities

- Szenengraph *live* ==> Eigenschaften von Objekten fest
  - Ermöglicht Optimierungen beim Rendering
- *Capability-Bits*:
  - Definiert für jedes Szenengraph-Objekt
  - Setzen des Bits bedeutet Änderbarkeit der entsprechenden Eigenschaft

  `void clearCapability(int bit)`

  `Boolean getCapability(int bit)`

  `void setCapability(intBit)`
- Beispiel: Capabilities für TransformGroup-Knoten

  `ALLOW_TRANSFORM_READ`

  `ALLOW_TRANSFORM_WRITE`

  `ALLOW_CHILDREN_READ`

  `ALLOW_CHILDREN_WRITE`

  `ALLOW_CHILDREN_EXTEND`

Animation: Behavior

- Mit **`Behavior`**-Objekten können Objekte dynamisches Verhalten aufweisen (Animation)
- *Scheduling region:*
  - Bereich des Raums, in dem sich das Verhalten abspielt
  - Verhalten wird erst berechnet, wenn sich das sogenannte *activation volume* des Betrachterstandpunkts (der **`ViewingPlatform`**) mit der scheduling region des Verhaltens überschneidet
  - Zweck: Reduzierung des Berechnungsaufwandes
  - Einfache Möglichkeit zur Erzeugung einer *scheduling region:*
    - » Kugel **`BoundingSphere(Point3d center, double radius)`**
    - » **`setSchedulingBounds(Bounds region)`**
    - » **`BoundingSphere`**-Objekt als **`region`** übergeben
- Einfache Behavior-Objekte: *Interpolatoren*
  - Analog zu VRML
  - Beispiel **`RotationInterpolator`**
  - Verhalten abhängig von einem Parameter, der zwischen 0 und 1 variiert wird
    - » Java3D-Bezeichnung: *Alpha-Wert*

Zeitabhängige Werte in Java 3D

- Generierung von zeitabhängigen Alpha-Parameterwerten
  - Objekt der Klasse **`Alpha`**
  - Analog zu *TimeSensor* in VRML, etwas vereinfacht

Konstruktor

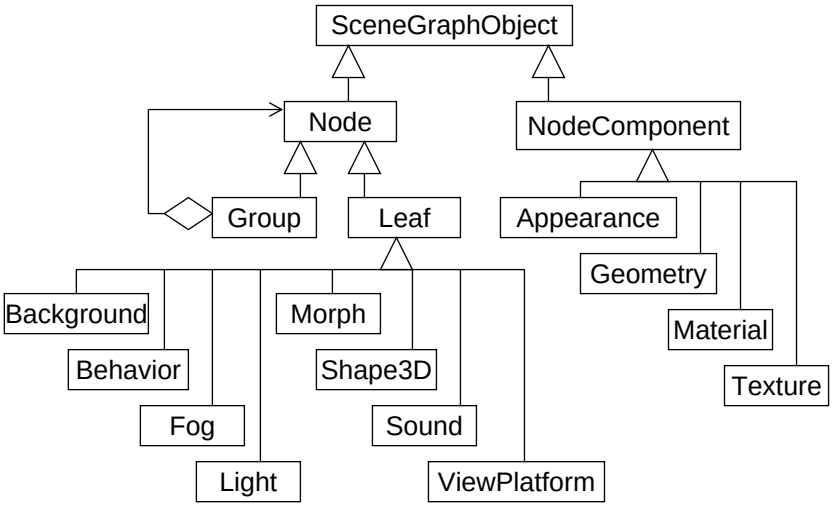
`Alpha(int loopCount, long increasingAlphaDuration)`

- *loopCount*: Anzahl der gewünschten Durchläufe, in denen der Wert linear von 0 auf 1 ansteigt
  - Wert **`-1`** bedeutet unendlich viele Wiederholungen
- *increasingAlphaDuration:* Dauer einer Periode in Millisekunden
  - Während dieser Zeitdauer steigt der Wert kontinuierlich von 0 auf 1

Beispiel: HelloJava3Dc.java

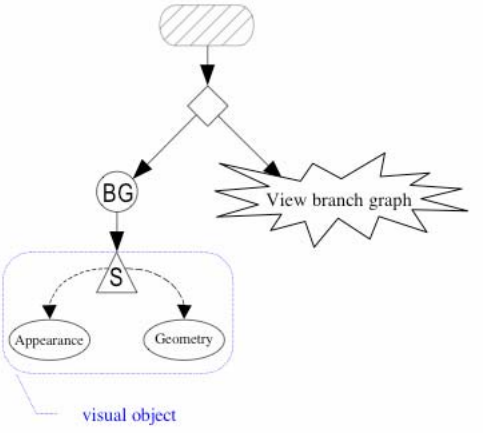
```
public BranchGroup createSceneGraph() {

  BranchGroup objRoot = new BranchGroup();

  TransformGroup objSpin = new TransformGroup();
  objSpin.setCapability
    (TransformGroup.ALLOW_TRANSFORM_WRITE);
  objRoot.addChild(objSpin);
  objSpin.addChild(new ColorCube(0.4));

  Alpha rotationAlpha = new Alpha(-1, 4000);
  RotationInterpolator rotator =
    new RotationInterpolator(rotationAlpha, objSpin);

  BoundingSphere bounds = new BoundingSphere();
  rotator.setSchedulingBounds(bounds);
  objSpin.addChild(rotator);

  return objRoot;
}
```


Verfeinerte Klassenstruktur



Formen in Java 3D: Shape3D

- Knoten der Klasse **`Shape3D`** definieren Blattknoten für sichtbare Objekte
  - Referenz auf **`Geometry`**-Knotenkomponente
  - Referenz auf **`Appearance`**-Knotenkomponente (optional)
  - Festlegung der Referenzen im Konstruktor oder mit set-Methoden
- Cabability Bits für **`Shape3D:`**
  - ALLOW_APPEARANCE_READ | ...WRITE
  - ALLOW_GEOMETRY_READ | ...WRITE
  - ALLOW_COLLISION_BOUNDS _READ | ...WRITE



Geometrische Primitive

- Java 3D unterstützt die gleichen primitiven geometrischen Objekte wie VRML
  - Box, Cone, Cylinder, Sphere
  - Klassen in **`com.sun.j3d.utils.geometry`**
  - Unterklassen von **`Group`**
- Konstruktoren spezifisch für die jeweiligen Formen
  - Länge, Breite, Radius etc.
- Allgemeine Funktionen für alle geometrischen Primitive (deklariert in **`com.sun.j3d.utils.geometry.Primitive)`**

  `Shape3D getShape(int partid)`
  - Liefert das Unterelement mit gegebener Nummer

  `void setAppearance(Appearance app)`
  - Einstellen einer gewünschten Präsentationsform
- **`ColorCube:`**
  - Spezialklasse (abgeleitet von **`Shape3D`**) vor allem zu Testzwecken
- Allgemein: Formen aus Polygonen zusammensetzbar

Beispiel zu Geometrischen Primitiven

```
public BranchGroup createSceneGraph() {
  BranchGroup objRoot = new BranchGroup();
  ...
  TransformGroup objSpin = new TransformGroup();
  objSpin.setCapability(TransformGroup.ALLOW_TRANSFORM_WRITE);
  ...
  objRoot.addChild(objRotate);
  objRotate.addChild(objSpin);

  Appearance app = new Appearance();
  app.setColoringAttributes(
    new ColoringAttributes
      (new Color3f(1.0f, 0.0f,0.0f),
       ColoringAttributes.SHADE_FLAT));
  objSpin.addChild(new Box(0.4f, 0.4f, 0.4f, app));

  ...
  RotationInterpolator rotator = ...;
  ...
  objSpin.addChild(rotator);

  return objRoot;
    }
```


Appearance und Attribute

- Appearance-Knoten können eine Vielzahl von Attributen tragen:
  - PointAttributes
  - LineAttributes
  - PolygonAttributes
  - ColoringAttributes
  - TransparencyAAtributes
  - RenderingAttributes
  - Material
  - TextureAttributes
  - Texture
  - TexCoordGeneration
- Z.B. Färbungen können auf verschiedenen Wegen erreicht werden:
  - einfach mit ColoringAttributes
  - komplex mit Material und Lighting
  - Prioritätsregeln (meist die komplexere Lösung bevorzugt)

Beispiel zu Material und Lighting

```
public BranchGroup createSceneGraph() {
  BranchGroup objRoot = new BranchGroup();
  ...
  TransformGroup objSpin = new TransformGroup();
  ...
  Appearance app = new Appearance();
  Material mat = new Material();
  mat.setDiffuseColor(new Color3f(1.0f, 0.0f, 0.0f));
  app.setMaterial(mat);
  objSpin.addChild(new Box(0.4f, 0.4f, 0.4f, app));
  ...
  DirectionalLight light1 = new DirectionalLight();
  light1.setDirection(new Vector3f(1.0f, -1.0f, -0.5f));
  light1.setInfluencingBounds(new BoundingSphere());
  objRoot.addChild(light1);

  SpotLight light2 = new SpotLight();
  light2.setDirection(new Vector3f(-1.0f, +1.0f, 0.f));
  light2.setPosition(2.0f, -1-0f, 0.0f);
  light2.setInfluencingBounds(new BoundingSphere());
  objRoot.addChild(light2);

  return objRoot;
}
```


Achtung: Lokale Koordinatensysteme

- Testfrage: Was passiert, wenn man in vorstehendem Beispiel statt
  `objRoot.addChild(light1);`
  die folgende Zeile schreibt:
  `objSpin.addChild(light1);`
  ?
- Jeder Knoten des Szenengraphen trägt sein eigenes lokales Koordinatensystem
- Transform-Knoten bilden das lokale Koordinatensystem eines Unterknotens auf das übergeordnete Koordinatensystem ab
  - Die Abbildung kann auch dynamisch, d.h. zeitabhängig sein
- Das Einfügen eines Knotens als Unterknoten eines anderen bedeutet auch die Auswahl eines spezifischen Koordinatensystems!

Vorgefertigte Geometrien

- Die Erstellung von Geometrien ist extrem arbeitsaufwändig
- Prinzipiell sind grafische Werkzeuge besser geeignet für die Erstellung dreidimensionaler Objekte und Szenen als Programmcode
- Ausweg:
  - Externes Erstellen von Szenegraphen oder Teilen davon
  - „Interpreter“ in Java, der externe Datei einliest
  - „*Loader*“
- Standardbasis für Loader-Klassen:
  `com.sun.j3d.loaders`
- Loader-Implementierungen nicht Bestandteil der Distribution
  - Von externer Quelle zu beziehen
  - Viele Loader kostenfrei verfügbar

Populäre 3D-Grafikformate mit J3D-Loader

- 3DS 3D Studio Max
- COB Caligari TrueSpace
- DEM Digital Elevation Map
- DXF AutoCAD Austauschformat
- IOB Imagine
- LWS Lightwave Scene Format
- NFF WorldToolKit
- OBJ Alias/Wavefront
- PDB Protein Data Bank
- SLD Solid Works
- VRT Superscape
- VTK Visual Toolkit
- WRL VRML
- X3D X3D

Text in Java 3D

- Text2D
  - Transparente Rechtecke
  - mit durch Textur ausgezeichnetem Text
- Text3D
  - Dreidimensionale Textwiedergabe
  - Verwendet 3D-Versionen gängiger Fonts (z.B. Helvetica)