

## 10. Computergrafik

- 10.1 Grundlagen der 2D-Computergrafik
- 10.2 2D-Vektorgrafik mit XML: SVG
- 10.3 Grundlagen der 3D-Computergrafik
- 10.4 3D-Computergrafik: VRML



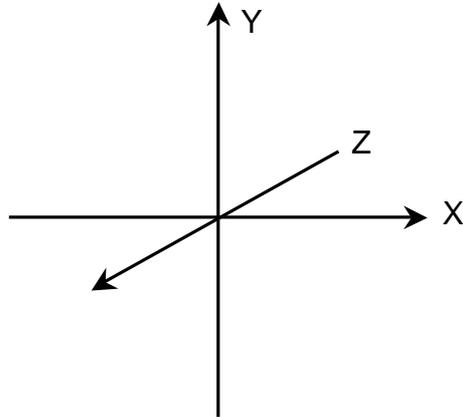
### Literatur:

Alan Watt: 3D Computergrafik, 3. Auflage, Pearson Studium 2002

## Dreidimensionale Darstellung

- Dimensionenkonflikt:
  - Die reale Welt ist dreidimensional
  - Bild Darstellungen (wie bisher betrachtet) sind zweidimensional
    - » Verdeckte Ansichten und Details
- Dreidimensionale Darstellung:
  - Setzt Modell mit den Informationen in allen drei Dimensionen voraus
    - » Alle möglichen Ansichten ohne Informationsverlust
- Anwendungsbereiche für dreidimensionale Darstellung:
  - Virtuelle Welten, „Cyberspace“
  - Ingenieur Anwendungen:
    - » CAD (z.B. Maschinenbau)
    - » Designmodelle von Produkten
    - » (Interaktive) Architekturmodelle
  - Produktpräsentation
  - Geovisualisierung
  - Animation im Film (Trickfiguren in klassischem Film, Vollanimation)

## 3D-Koordinatensystem



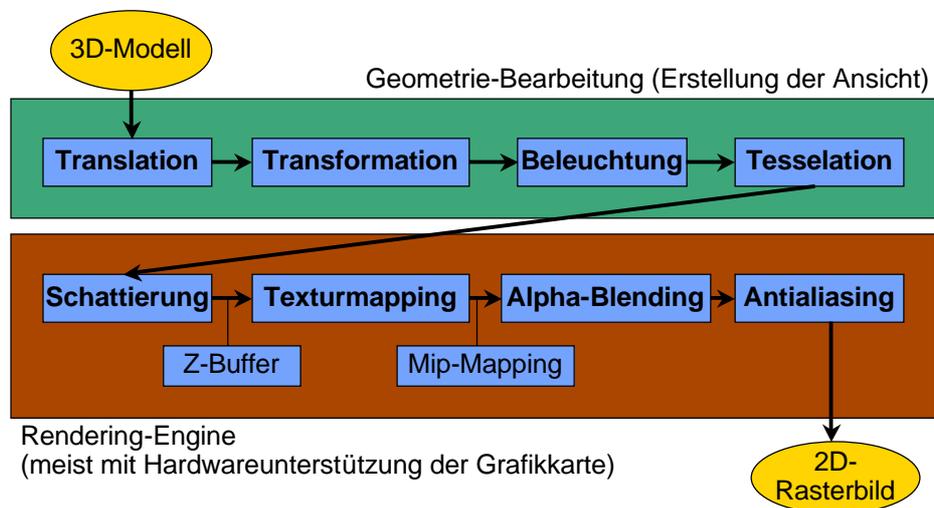
Kartesisches Koordinatensystem  
Merkhilfe: „Rechte-Hand-Regel“

## Grundidee der 3D-Modellierung

- Gegenstände:
  - Punktwolken im 3-dimensionalen Raum
  - Zusatzinformationen z.B. zur Oberflächenstruktur
- Verbindung der Punkte in definierter Weise:
  - » Rendering als *Drahtmodell*
- Anpassung des Rendering an visuelle Wahrnehmung:
  - Perspektive, Verdeckung



## 3D-Rendering-Pipeline



## Translation

- Übersetzung der Modellkoordinaten in den zum Rendering benutzten Koordinatenraum
  - Integration von Modellen aus verschiedenen Quellen, z.B. verschiedenen Entwicklungssystemen
  - Häufig: *Weltkoordinatensystem*
- *Clipping*
  - Abschneiden von Objektteilen ausserhalb des Blickwinkels des Beobachters

## Transformation

- Änderung der Objektposition
  - Verschieben (oft auch *translation* genannt)
  - In 3 Freiheitsgraden
- Änderung der Objektausrichtung
  - Rotation
  - In 3 Freiheitsgraden
- Änderung der Objektgrösse
  - Skalierung
  - 1 Freiheitsgrad bei Erhaltung der Proportionen
  - 3 Freiheitsgrade bei Verzerrung
- Bewegung der Betrachterposition in einer virtuellen Welt:
  - Obige Operationen treten (kombiniert) extrem häufig auf
  - Schnelle Implementierung wichtig

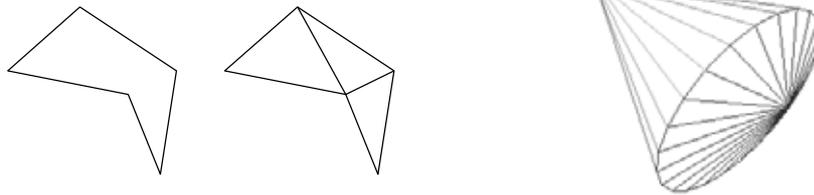
## Beleuchtung

- Einfluss von Lichtquellen auf das Erscheinungsbild einer 3D-Szene
  - Ganz ohne Lichtquellen: Schwarz!
- Abhängig von:
  - Standort und Art von Lichtquellen
  - Spezialfall einer Standard-Lichtquelle:
    - » „Headlight“ aus der Richtung des Betrachters
  - Standpunkt und Blickrichtung des Betrachters



## Tessellation

- Durch 3D-Rendering nur Polygone darstellbar!
  - Komplexe Szenen aus extrem vielen (Millionen) von Polygonen zusammengesetzt
- Darzustellendes Objekt wird in einfache Polygone (meist Dreiecke) zerlegt
- Tessellation = Zerlegung komplexer Polygone in Dreiecke



## Schattierung (*shading*)

- *Flat-Shading*:
  - Berechnet für jedes Flächenelement (Polygon) der 3D-Szene einen Helligkeitswert
  - Bestimmt sich aus der Winkeldifferenz zwischen einfallendem Licht und dem Normalenvektor des Polygons
  - Einfach zu berechnen
  - Nachteil: Homogener Farbwert je Polygon
- Verfeinerte Schattierungsverfahren:
  - Z.B. Gouraud-Shading
  - Interpolation der Farbwerte mit benachbarten Polygonen
  - Erreicht relativ gute optische „Glättung“

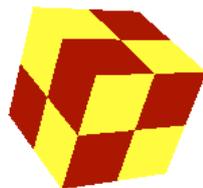


## Z-Buffer

- Z-Buffer speichert für jeden Bildpunkt des 2D-Bildes die niedrigste Entfernung zu einem Objekt
- Beschleunigung des Rendering:
  - Offensichtlich verdeckte Objekte bzw. Objektteile müssen nicht berechnet werden
- Größere Wahlfreiheit bei der Abarbeitung des Rendering
  - Hintergrundbild muss nicht unbedingt zeitlich vor den Vordergrundobjekten gerendert werden
- Hardwareunterstützung in Grafikkarten

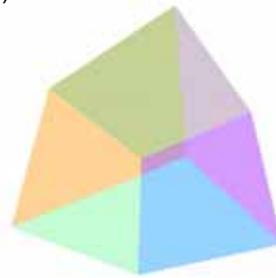
## Textur-Mapping

- Textur:
  - Muster oder Bild, das auf Oberflächen von 3D-Objekten gelegt wird
  - Kann oft Anzahl der benötigten Polygone drastisch reduzieren
- Textur-Mapping:
  - Darstellung der Flächen eines Objekts mit Textur
  - Erweiterung: Perspektivische Korrektur der Textur
- Mip-Mapping:
  - Textur in mehreren Auflösungen verfügbar (und automatisch passende Fassung ausgewählt)



## Alpha-Blending

- Kontrolle der Transparenz eines Objekts
  - Analog zu 2D-Rendering
- Bei 3D-Grafik:
  - Tiefeneindruck durch „Verwischen“ von Details bei grösserer Entfernung
  - Nebeneffekt (*fogging*)
  - „Depth cueing“ (Überblendung ins Schwarze)



## 10. Computergrafik

- 10.1 Grundlagen der 2D-Computergrafik
- 10.2 2D-Vektorgrafik mit XML: SVG
- 10.3 Grundlagen der 3D-Computergrafik
- 10.4 3D-Computergrafik: VRML



### Literatur:

Henning, Taschenbuch Multimedia, Kap. 13

Rolf Däßler: VRML - 3D-Welten im Internet, bhv Verlag 2002

<http://www.web3d.org>

Alan Watt: 3D Computergrafik, 3. Auflage, Pearson Studium 2002

## Virtual Reality Modeling Language VRML

- Skriptsprache zur Beschreibung von 3D-Welten
  - Auf den Einsatz im Internet ausgelegt
  - Universelles Austauschformat für 3D-Szenen
- Geschichte:
  - Basiert auf Grafikstandard „OpenInventor“ von Silicon Graphics
  - Marc Pesce, Toni Parisi, 1994: Erster 3D-Browser, Entwurf VRML 1.0
  - April 1995: VRML Version 1.0 verabschiedet
  - Konkurrierende Vorschläge für die Weiterentwicklung, insbesondere für Dynamik
  - 1996: Internet-Abstimmung über VRML 2.0, gewonnen von *MovingWorlds*-Standard (Silicon Graphics & Sony), VRML 2.0 verabschiedet
  - 1997: VRML wird Internationaler Standard ISO-14772
    - » Meist als „VRML 97“ bezeichnet
    - » Weitgehend identisch zu VRML 2.0
- Dateierweiterung:
  - .wrl (wie „world“)

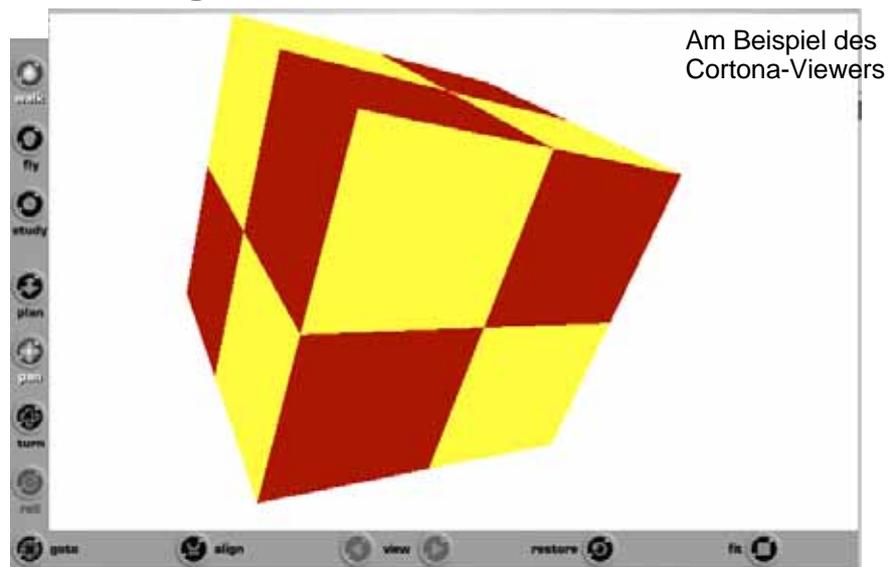
## Einordnung von VRML

- VRML ist ein Grafik-Dateiformat
- VRML ist ein Vektor-Grafikformat
- VRML spielt eine ähnliche Rolle wie SVG für 2D-Grafik
- VRML hat allerdings *keine* XML-Syntax!

## Softwarewerkzeuge für VRML

- Anzeigeprogramme (*viewer*)
  - Meist als „Plug-In“ für Web-Browser
  - Bekannte Produkte:
    - » *CosmoPlayer* (Silicon Graphics)
    - » *Cortona* (Parallel Graphics)
    - » *FreeWRL* (OpenSource-Aktivität)
- Autorenwerkzeuge:
  - Einfache syntaxunterstützende Editoren (z.B. VtmlPad)
  - Spezielle 3D-Editoren
  - Aufwändige 3D-Modellierungs- und Animationswerkzeuge mit VRML-Exportfunktion
    - » Z.B. 3d studio max, SoftImage, Maya, Cinema4D

## Bedienungselemente eines VRML-Viewers



## Navigationsmodi

- Grundmodi:
  - Walk: Bewegung des Betrachters nur in der horizontalen Ebene
  - Fly: Bewegung des Betrachters auch in der vertikalen Ebene
  - Study: Bewegung der Welt um das Zentrum des Objekts
- Optionen (in Kombination mit den Grundmodi):
  - Plan: Bewegungseingaben beziehen sich auf Verschiebung in der horizontalen Ebene
  - Pan: Bewegungseingaben beziehen sich auf Verschiebung in der vertikalen Ebene
  - Turn: Bewegungseingaben beziehen sich auf Drehung in der horizontalen Ebene
  - Roll: Bewegungseingaben beziehen sich auf Drehung in der vertikalen Ebene
- Bewegungseingaben erfolgen z.B. durch Pfeiltasten oder Mausgesten

## Syntax von VRML

- Bezeichner empfindlich gegen Gross- und Kleinschreibung!
- Knoten:
  - Knotentypbezeichner { *Felder* }
  - Knotentypbezeichner beginnt immer mit Grossbuchstaben
  - Z.B. `sphere { radius 1.0 }`
- Felder:
  - Folgen von Paaren *Feldtypbezeichner Feldwert*
  - Feldtypbezeichner beginnt immer mit Kleinbuchstaben
  - Z.B. `radius 1.0`, z.B. `skyColor 1.0 1.0 1.0`
- Wert: Tupel aus mehreren Einzelwerten, meist 1 bis 3
- Listen von Werten:
  - Z.B. `[0, 1, 2, 3, 4]`, z.B. `[-1.0 1.0 1.0, -1.0 -1.0 1.0]`
- Datentypen:
  - Ganze Zahlen, reelle Zahlen, Zeichenketten, Boolesche Werte u.v.a.
- Einheiten:
  - VRML-Einheiten müssen extern interpretiert werden, z.B.  
Längeneinheit = Meter, Winkleinheit = rad, Zeiteinheit = Sekunde

## VRML-Beispiel: box0.wrl

```
#VRML V2.0 utf8
Background { skyColor 1.0 1.0 1.0 }

Shape {

  appearance Appearance {
    material Material {
      emissiveColor 1.0 0 0
    }
  }

  geometry Box {
    size 2.0 2.0 2.0
  }
}
```



## Shape-Knoten

- Knotentyp **Shape**
  - Benötigt Felder **appearance** und **geometry**
- Feldtyp **appearance**
  - Enthält in der Regel einen Knoten vom Typ **Appearance**
    - » Angabe diverser Materialeigenschaften (Farbe, Schattierung, ...)
- Feldtyp **geometry**
  - Enthält Geometrieknoten
- Übersicht wichtiger Geometrieknotentypen:
  - **Box:** Quader (**size**)
  - **Cone:** Kegel (**bottomRadius, height**)
  - **Cylinder:** Zylinder (**radius, height**)
  - **Sphere:** Kugel (**radius**)
  - **Text:** 3D-Text
  - ...

## Hintergrund

- Grundkonzept:
  - Kreis mit unendlichem Radius als Boden (*ground*)
  - Halbkugel mit unendlichem Radius als Himmel (*sky*)
- **Background-Knoten:**
  - Spezifikation der Boden- und Himmelfarben
    - » `groundColor`, `skyColor`
  - Möglichkeit der Beschreibung von Abstufungen
    - » Liste von Farben und Winkel, in denen sie angewandt werden
  - Möglichkeit der Einbindung von Texturen

## Benutzerdefinierte Formen

- Beliebige Formen können über Koordinatenwerte definiert werden
  - Knotentyp `coordinate`, Feldtyp `point`, Werte 3er-Gruppen von reellen Zahlen
- Bildung von Objekten mit `IndexedLineSet` bzw. `IndexedFaceSet`:
  - `IndexedLineSet` erzeugt Gittermodell, `IndexedFaceSet` Flächenmodell
  - Feld `coord` enthält die beteiligten Punkte
    - » Implizit werden die Punkte, mit 0 beginnend, nummeriert (je drei Zahlen = 1 Punkt)
  - Feld `coordIndex` enthält die einzelnen anzuzeigenden Linien bzw. Flächen
    - » Als Indizes in der Punktliste
    - » Jedes Element (Linie bzw. Fläche) mit -1 abgeschlossen

## Beispiel: Würfel selbstdefiniert (Drahtgitter)

```
Shape {
  appearance ...
  geometry IndexedLineSet {
    coord Coordinate {
      point [
        -1.0 1.0 1.0, # Punkt 0: links oben vorn
        -1.0 -1.0 1.0, # Punkt 1: links unten vorn
        1.0 -1.0 1.0, # usw.
        1.0 1.0 1.0,
        -1.0, 1.0, -1.0,
        -1.0, -1.0, -1.0,
        1.0, -1.0, -1.0,
        1.0, 1.0, -1.0
      ]
    }
    coordIndex [
      0, 1, 2, 3, 0, -1, # vorderes Quadrat
      4, 5, 6, 7, 4, -1,
      0, 4, -1,
      1, 5, -1,
      2, 6, -1,
      3, 7
    ]
  }
}
```

## Beispiel: Würfel selbstdefiniert (Flächen)

```
Shape {
  appearance ..
  geometry IndexedFaceSet {
    solid FALSE
    coord Coordinate {
      point [... wie oben ...]
    }
    coordIndex [
      0, 1, 2, 3, 0, -1,
      4, 5, 6, 7, 4, -1,
      0, 3, 7, 4, 0, -1,
      1, 2, 6, 5, 1, -1,
      3, 2, 6, 7, 3, -1,
      0, 1, 5, 4, 0
    ]
  }
}
```

## Appearance- und Material-Knoten

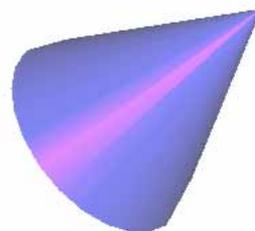
- Knotentyp **Appearance**
  - Optionale Felder **material**, **texture** und **textureTransform**
- Feldtyp **material**
  - Enthält in der Regel einen Knoten vom Typ **Material**
- Feldtyp **texture**
  - Enthält einen Texturknoten (siehe unten)
- Feldtypen im Materialknoten:
  - (Werte immer zwischen 0.0 und 1.0)
  - **ambientIntensity**: Reflexion für Umgebungslicht
  - **diffuseColor**: Reflektierende (nicht leuchtende) Farbe
  - **emissiveColor**: Selbstleuchtende Farbe
  - **shininess**: Stärke von Glanzlichtern
  - **specularColor**: Farbe von Glanzlichtern
  - **transparency**: Durchsichtigkeit
- Spezifikation von Farben:
  - als RGB-Wert (Zahlentripel)

## Beispiel: Materialeigenschaften

```
#VRML V2.0 utf8
Background { skyColor 1.0 1.0 1.0 }

Shape {
  appearance Appearance {
    material Material {
      diffuseColor 0.2 0.2 1.0
      shininess 1.0
      specularColor 1.0 0 0
      transparency 0.3
    }
  }
}

geometry Cone {
  bottomRadius 1.0
  height 2.0
}
}
```



## Texturen

- Knotentyp **ImageTexture**
  - Benötigt Feldtyp **url** zur Angabe einer Datei mit 2D-Grafik (JPEG, PNG, GIF)
  - Achsen des Texturbildes mit S (horizontal) und T (vertikal) bezeichnet
  - Feldtypen **repeatT**, **repeats** (Boolean) zur Steuerung der Wiederholung
- Knotentyp **PixelTexture**
  - Direkte Angabe einer Textur als Pixelfeld in VRML
- Knotentyp **MovieTexture**
  - Analog zu **ImageTexture**, aber mit Bewegtbild (MPEG-1)
  - Zusätzliche Feldtypen:  
**loop**, **speed**, **startTime**, **stopTime**

## Beispiel: Quader mit Textur

```
#VRML V2.0 utf8
Background { skyColor 1.0 1.0 1.0 }

Shape {
  appearance Appearance {
    texture ImageTexture {
      url "textur0.gif"
    }
  }
  geometry Box { }
}
```

## Szenegraphen: Group- und Transform-Knoten

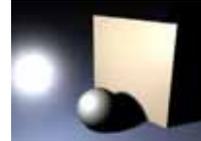
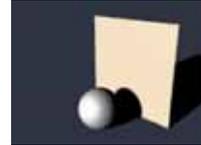
- Ein *Szenegraph* ist eine Baumstruktur, die alle in einer 3-dimensionalen virtuellen Welt enthaltenen Objekte mit ihren Eigenschaften enthält
- Wurzel des Szenegraphen: **Group-Knoten**
  - enthält Liste von Objekten im **children**-Feld
- Darstellung an anderer Stelle als im Ursprung durch **Transform-Knoten**
  - Anwendung von Transformationen *in folgender Reihenfolge*
  - **children**-Feld gibt Knoten an, die transformiert werden
  - **center**-Feld: Definition eines neuen Mittelpunkts
  - **rotation**-Feld: Drehung um Winkel
    - » Angabe in rad
    - » (Klassisch: Tripel: x-Achse (*pitch*), y-Achse (*yaw*), z-Achse (*roll*))
    - » In VRML: Rotationsachse (Tripel) + Winkel
    - » Positives Vorzeichen bedeutet Rechtsdrehung
  - **scale**-Feld: Maßstäblich veränderte Darstellung
  - **translation**-Feld: Verschiebung um Vektor

## Beispiel: Einfacher Szenegraph

```
Group {
  children [
    Transform {
      children [
        shape {
          appearance Appearance {
            material Material {
              diffuseColor 1.0 0 0
            }
          }
          geometry Box {
            size 2.0 2.0 2.0
          }
        }
      ]
      translation 2.0 0 0
    }
    Shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 0 0 1.0
        }
      }
      geometry Sphere {
        radius 1.0
      }
    }
  ]
  ... (rechte Spalte)
}
...
Transform {
  children [
    shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 0 1.0 0
        }
      }
      geometry Box {
        size 2.0 2.0 2.0
      }
    }
  ]
  translation -2.0 0 0
}
NavigationInfo {
  type "EXAMINE"
}
```

## Szenenbeleuchtung: Lichttypen

- Drei Lichttypen werden in VRML unterstützt (eigene Knotentypen)
- **Directional Light:**
  - parallel gerichtetes Licht einer unendlich weit entfernten Quelle
  - keine Abschwächung mit der Entfernung
- **PointLight:**
  - Licht breitet sich gleichmässig von punktförmiger Quelle aus (z.B. Glühlampe)
  - Abschwächung mit der Entfernung
- **SpotLight:**
  - Licht breitet sich kegelförmig von punktförmiger Quelle aus (z.B. Taschenlampe)
  - Abschwächung mit der Entfernung und mit Winkel
- Wichtigste Feldtypen:
  - **direction**-Feld: Richtungsvektor
  - **ambientIntensity**-Feld: Stärke des Einflusses auf Objekte
  - **color**-Feld: Lichtfarbe
  - **location**-Feld: Position der Lichtquelle



## Beispiel: Szene mit Beleuchtung

```
DirectionalLight {
  direction 0 -1.0 0
  ambientIntensity 0.7
  color 1.0 1.0 1.0
}

SpotLight {
  location -5.0 3.0 0
  direction 0.5 -0.5 0.0
  ambientIntensity 0.4
  color 1.0 1.0 1.0
}

Group {
  ... wie letztes Beispiel
}

NavigationInfo {
  headlight FALSE
}
```

## NavigationInfo

- Gibt globale Zusatzinformation für das Rendering an:
  - Z.B. Standardmodus
  - Z.B. Standardgeschwindigkeit
- Headlight:
  - Standardlichtquelle (directional) aus Betrachtersicht
  - kann in NavigationInfo ausgeschaltet werden

- Beispiel:

```
NavigationInfo {  
  type "EXAMINE"  
  headlight FALSE  
}
```

## Strukturierung in VRML

- Wiederverwendung von Knoten:
  - **DEF** *Bezeichner Knoten*
  - **USE** *Bezeichner*
- Modularisierung:
  - **INLINE** *Datei*
    - » Bindet beliebige VRML-Datei an der gegebenen Stelle ein

## Beispiel zu DEF/USE

```
Group {
  children [
    Transform {
      children [
        DEF RedBox Shape {
          appearance Appearance {
            material Material {
              diffuseColor 1.0 0 0
            }
          }
          geometry Box {
            size 2.0 2.0 2.0
          }
        }
      ]
      translation 2.0 0 0
    }
    ...
    Transform {
      children [
        USE RedBox
      ]
      translation -2.0 0 0
    }
  ]
}
```