Computergrafik
WS 2001/02
Prof. Dr. W. Kurth - Dr. E. Roth

VRML-Kurs
Teil 2

VRML-Knoten

Jeder VRML-Knoten kann 0 oder mehr Felder enthalten. Die Felder haben eine festgelegte Semantik, Typisierung und Default-Werte.

Typen in VRML 97

Standard-Feldtypen: Bezeichnung beginnt mit SF oder MF
SF = "single field", einzelner Wert
MF = "multiple field", Array

SFNode / MFNode	VRML-Knoten
SFBool	TRUE oder FALSE
SFColor / MFColor	3 Gleitkommazahlen zwischen 0.0 und 1.0 (RGB-Farbmodell)
SFFloat / MFFloat	Gleitkommazahl(en)
SFImage	Pixel-Beschreibung einer Bitmap
SFInt32 / MFInt32	32Bit-Ganzzahlen
SFRotation / MFRotation	4 Gleitkommazahlen: 3 für die Drehachse, letzte für den Drehwinkel in Bogenmaß
SFString / MFString	Zeichenkette (utf8-Zeichensatz)
SFTime / MFTime	Anzahl Sekunden seit 1. 1. 1970, 0 Uhr, als doppelt genaue Gleitkommazahl
SFVec2f / MFVec2f	2 Gleitkommazahlen als 2D-Vektor (bzw. Array solcher Vektoren)
SFVec3f / MFVec3f	3 Gleitkommazahlen als 3D-Vektor (bzw. Array solcher Vektoren)

MF-Werte werden in eckige Klammern [ ] eingeschlossen und innerhalb der eckigen Klammern durch Kommata oder Leerzeichen voneinander getrennt. Bei genau einem Wert können die eckigen Klammern auch weggelassen werden.

Beispiel:
Koordinatenknoten haben ein Feld vom Typ MFVec3f. Der Inhalt ist eine Liste von 3D-Ortsvektoren.

```
Coordinate
    {
    point [ x1  y1  z1,  ..., xn  yn  zn ]
    }
```

Elementarknoten in VRML 97:

Knoten	*Felder*	*Feldtyp*	*Bedeutung*
Shape	**appearance** **geometry**	SFNode SFNode	Materialdaten Geometrie-Knoten (Primitiv-Obj., Mengen...)
Coordinate	**point**	MFVec3f	Liste v. 3D-Koord.
Normal	**point**	MFVec3f	Liste v. 3D-Koord. (zur Festlegung v. Normalenvektoren)

Zentral sind *Gruppen-* und *Transformations-Knoten* (für die Konstruktion des Szenengraphen). Sie gruppieren bzw. transformieren beliebige Unterbäume im Szenengraphen:

Group	**children** **addChildren** **removeChildren**	MFNode MFNode MFNode	Array der Kind-Knoten für eventIn für eventIn
Transform	**center** **scale** **scaleOrientation** **rotation** **translation** **children** **addChildren** **removeChildren** **bboxCenter** **bboxSize**	SFVec3f SFVec3f SFRotation SFRotation SFVec3f MFNode MFNode MFNode SFVec3f SFVec3f	Zentr. für Rot. u. Skalierung Sk.-faktoren Rot. für scale Rotation Translation Kind-Knoten für eventIn für eventIn Zentr. d. bbox bbox-Größe

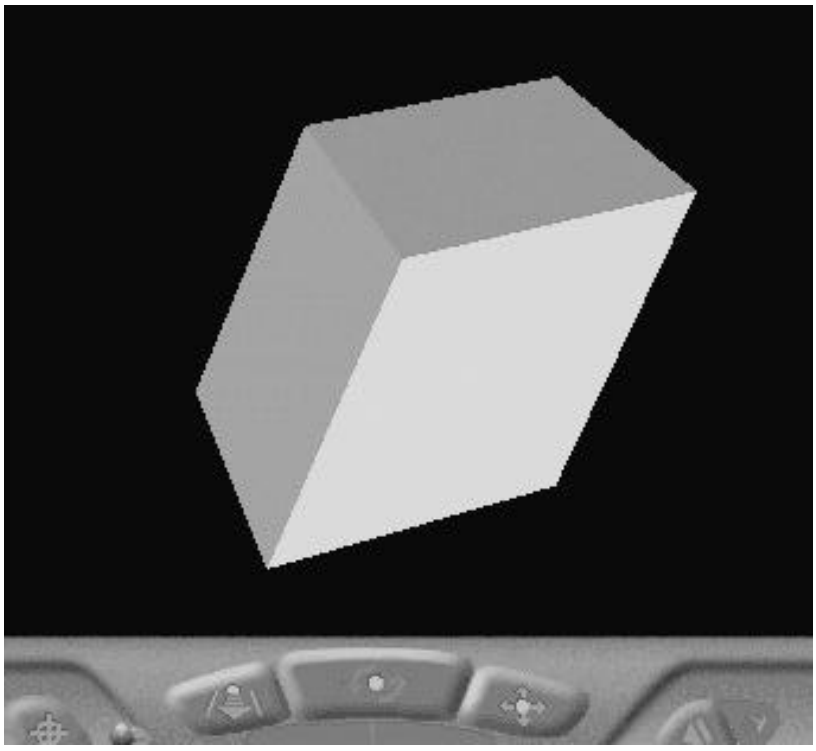
In VRML 1.0 gibt es auch die Möglichkeit, Transformationen direkt über eine Matrix zu spezifizieren:

MatrixTransform	**matrix**	MFFloat (16 Einträge)	Transf.-matrix (transponiert)

Beispiel:
Anwendung einer Scherung auf einen Würfel

```
#VRML V1.0 ascii
MatrixTransform
   {
   matrix 1   0 0 0
          0.5 1 0 0
          0   0 1 0
          0   0 0 1
   }
Cube { }
```

Ergebnis:



Grafische Primitive in VRML 97:

Box	**size**	SFVec3f	Kantenlängen eines geschlossenen Quaders
Cone	**bottomRadius** **height** **side** **bottom**	SFFloat SFFloat SFBool SFBool	Radius des Bodens Höhe des Kegels Sichtbarkeit: Mantel Sichtbarkeit: Boden
Cylinder	**bottomRadius** **height** **side** **top** **bottom**	SFFloat SFFloat SFBool SFBool SFBool	Radius Höhe des Zylinders Sichtb.: Mantel Sichtb.: Deckel Sichtb.: Boden
Sphere	**radius**	SFFloat	Radius der Kugel
Text	**string** **fontStyle** **length** **maxExtent**	MFString SFNode MFFloat SFFloat	1 oder mehrere Zeichenketten Font-Spezifikation max. Länge max. phys. Länge

Knoten für Punktmengen und boundary repr. in VRML 97:

Punktmenge (ohne Flächen und Kanten):

PointSet	**coord** **color**	SFNode SFNode	Koordinatenknoten Farbknoten

darin der Farbknoten:

Color	**color**	MFColor	RGB-Spezifikation(en)

Indizierte Kantenmenge:

IndexedLineSet	**coord** **coordIndex** **set_coordIndex** **color** **colorIndex** **set_colorIndex** **colorPerVertex**	SFNode MFInt32 MFInt32 SFNode MFInt32 MFInt32 SFBool	Koord.knoten Polylinien für eventIn Farbzuordn. Farbzuordn. für eventIn Farbe bez. auf Ecken (sonst aufKanten)

Indizierte Flächenmenge:

IndexedFaceSet	**coord**	SFNode	Koord.knoten
	coordIndex	MFInt32	Polygone
	set_coordIndex	MFInt32	für eventIn
	color	SFNode	Farbzuordn.
	colorIndex	MFInt32	Farbzuordn.
	set_colorIndex	MFInt32	für eventIn
	colorPerVertex	SFBool	Farbe bez. auf Ecken (sonst auf Flächen)

Die Indextabelle (**coordIndex**) enthält die Indices (Zählung beginnt bei 0) der zu einer Polylinie bzw. zu einem geschlossenen Polygon gehörenden Ecken. Trennung mehrerer Polylinien / Polygone durch den Eintrag "–1":
coordIndex [1,5,4,2, –1, 0,3,7,6, –1, 1,5,7,6]
= 3 Vierecke

Orientierung ist wichtig – für die Normalenvektoren gilt die "Rechte-Hand-Regel"; die Rückseite eines Polygons (entgegengesetzt zum Normalenvektor) ist unsichtbar.

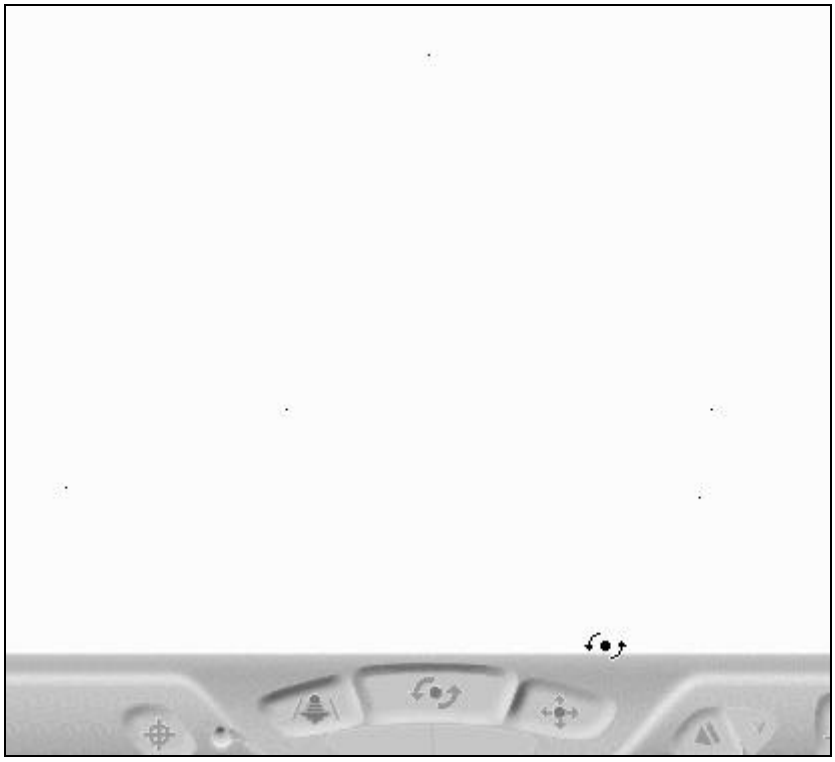
Beispiele:

Konstruktion einer Pyramide als Punktmenge

```
#VRML V2.0 utf8
# pyrpkt.wrl
Shape
   {
   geometry PointSet
      {
      coord Coordinate
         {
         point [ -2, 0, -2
                  2, 0, -2
                 -2, 0, 2
                  2, 0, 2
                  0, 3, 0  # Spitze
```

```
                ]
            }
        }
    }
```

Ergebnis (Bild invertiert, da Eckpunkte sonst kaum sichtbar):

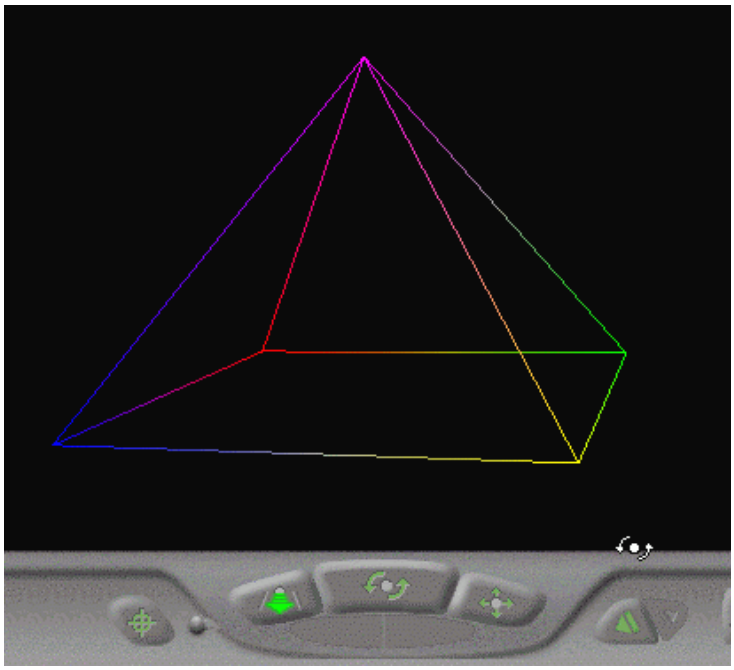


Pyramide als durch Eckenindices definierte Kantenmenge:

```
#VRML V2.0 utf8
# pyrlin3.wrl
Shape
   {
   geometry IndexedLineSet
      {
      coord Coordinate
         {
         point [ -2 0 -2 # Ecke 0
                  2 0 -2 # Ecke 1
                 -2 0 2  # Ecke 2
                  2 0 2  # Ecke 3
```

```
                0 3 0  # Ecke 4 = Spitze
            ]
        }
    coordIndex [ 0 1 -1,
                 1 3 -1,
                 3 2 -1,
                 2 0 -1,
                 0 4 -1,
                 1 4 -1,
                 3 4 -1,
                 2 4
               ]
    color Color
        {
        color [ 1 0 0,
                0 1 0,
                0 0 1,
                1 1 0,
                1 0 1 ]
        }
    }
}
```

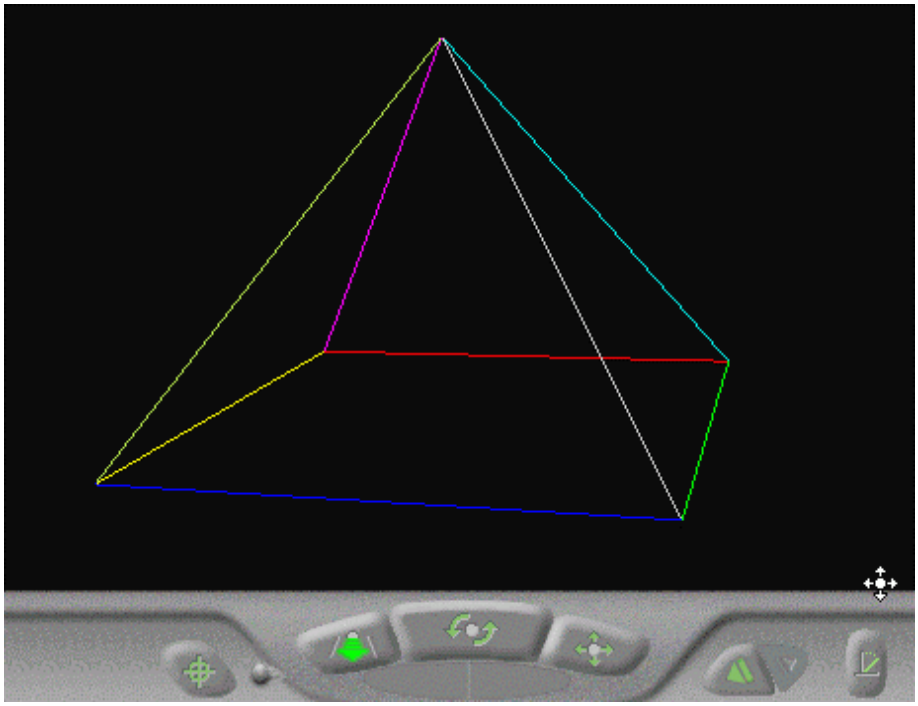
Ergebnis:



Die Farben werden hier zwischen den Ecken interpoliert.
Direkte Farbzuordnung zu den Kanten durch Einfügen von

`colorPerVertex FALSE`

in den **`IndexedLineSet`**-Knoten:



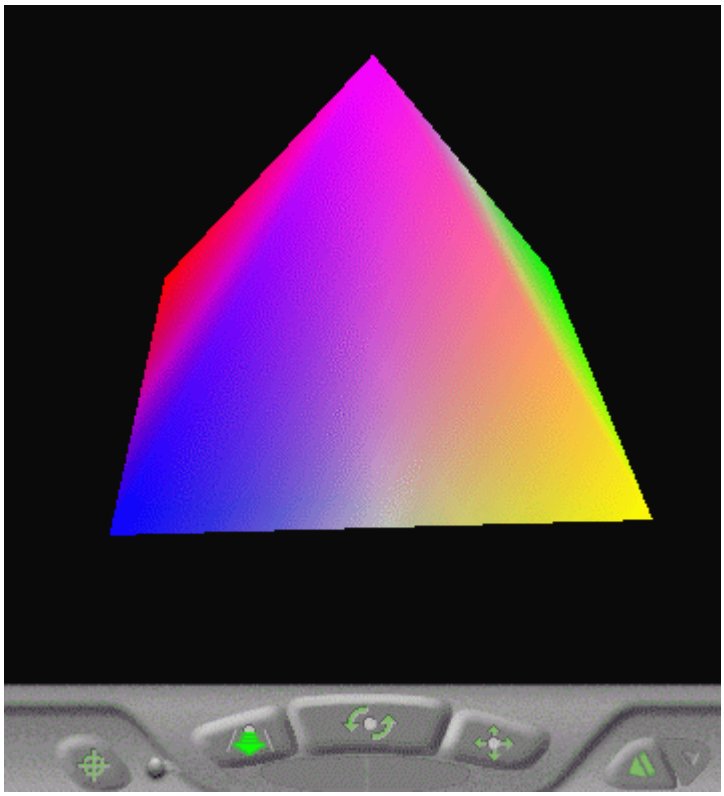
auch möglich: Polylinien (mehr als 2 Punkte) anstatt Kanten

```
coordIndex [ 4 1 0 -1,
             4 3 1 -1,
             4 2 3 -1,
             4 0 2 -1,
             2 0 1 3   # Boden
           ]
```

Pyramide als Körper mit durch Punktindices definierten Facetten:

```
#VRML V2.0 utf8
# pyrface1.wrl
Shape
   {
   geometry IndexedFaceSet
      {
      coord Coordinate
         {
         point [ -2 0 -2 # Ecke 0
                  2 0 -2 # Ecke 1
                 -2 0 2  # Ecke 2
                  2 0 2  # Ecke 3
                  0 3 0  # Ecke 4 = Spitze
               ]
         }
      coordIndex [ 4 1 0 -1,
                   4 3 1 -1,
                   4 2 3 -1,
                   4 0 2 -1,
                   2 0 1 3   # Boden
                 ]
      color Color
         {
         color [ 1 0 0,
                 0 1 0,
                 0 0 1,
                 1 1 0,
                 1 0 1 ]
         }
      }
   }
```

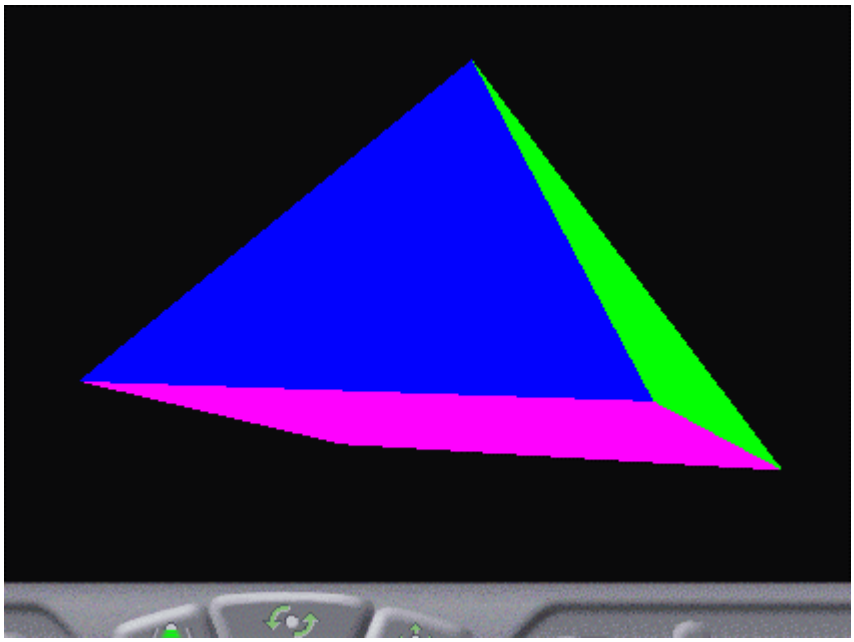
Ergebnis:



auch hier Farbinterpolation zwischen den Eckpunkten – direkte Farbzuordnung zu den Facetten wird durch den Switch

`colorPerVertex FALSE`

eingestellt:



Extrusion: Spur eines in der *xz*-Ebene def. Polygons entlang einer Raumkurve

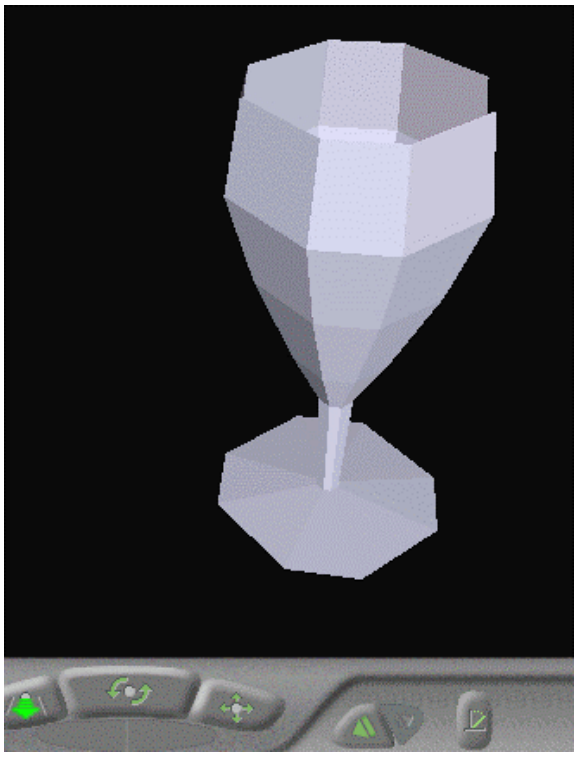
Extrusion	**crossSection**	MFVec2f	Polygon
	spine	MFVec3f	Stützpunkte der Kurve
	endCap	SFBool	Deckel exist.
	solid	SFBool	Fläche beidseitig sichtbar
	scale	MFVec2f	Skalierungs-Array
	orientation	MFRotation	Drehungen entl. Kurve

Beispiel:

```
#VRML V2.0 utf8
# wein1.wrl

Shape
   {
   geometry Extrusion
      {
      endCap FALSE
      solid  FALSE
      crossSection [ -1 -3, -3 -1, -3 1, -1 3,
                     1 3, 3 1, 3 -1, 1 -3, -1 -3 ]
      spine [ 0 0 0, 0 0.6 0, 0 7 0, 0 10 0,
              0 15 0, 0 20 0, 0 25 0 ]
      scale [ 2 2, 0.2 0.2, 0.3 0.3, 0.8 0.8,
              1.5 1.5, 2 2, 1.8 1.8 ]
      }
   appearance Appearance
      {
      material Material
         { diffuseColor 0.9 0.9 1 }
      }
   }
```

achteckige Grundfläche, Extrusionskurve (*spine*) mit 7 Stützpunkten

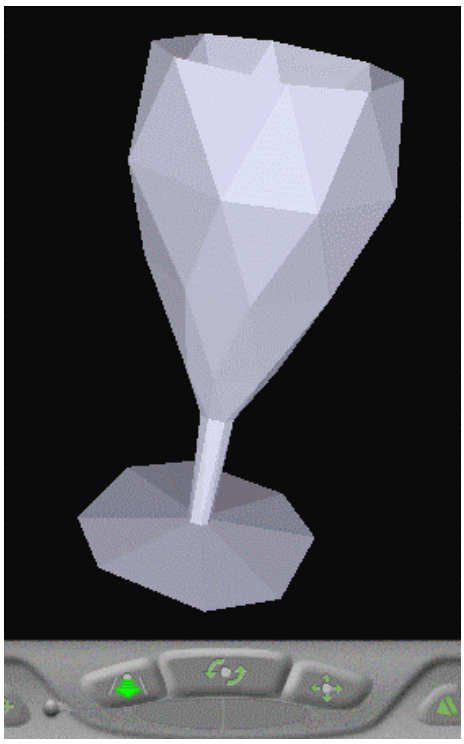
Ergebnis:



Modifikation: Drehung während der Extrusion
– füge in den Extrusion-Knoten für jeden Stützpunkt eine Orientierungsspezifikation ein:

```
      orientation [ 0 1 0 0, 0 1 0 0, 0 1 0 0.3,
                    0 1 0 0.6, 0 1 0 0.9, 0 1 0 1.2,
                    0 1 0 1.5 ]
```

Ergebnis:



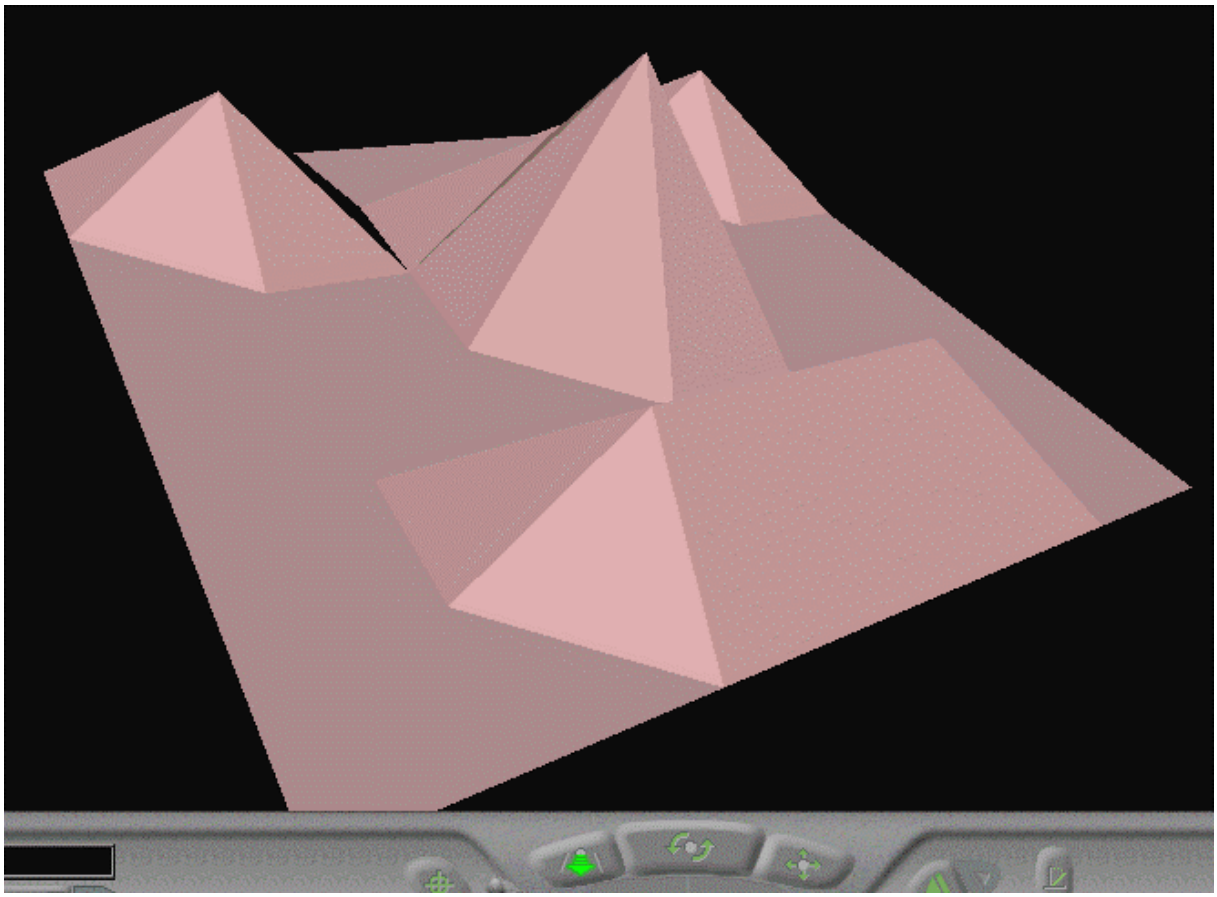
Höhengitter: Erhebungsgitter über der *xz*-Ebene

ElevationGrid	**xDimension**	SFInt32	Anz. Pkte in *x*-Richtung
	xSpacing	SFFloat	Abstand
	zDimension	SFInt32	Anz. Pkte in *y*-Richtung
	zSpacing	SFFloat	Abstand
	height	MFFloat	Höhenwerte-Array
	colorPerVertex	SFBool	Farb-Flag
	creaseAngle	SFFloat	Kanten-schärfe
	ccw	SFBool	counter-clockwise

Beispiel:

```
#VRML V2.0 utf8
# landsc1.wrl

Shape
   {
   geometry ElevationGrid
      {
      xDimension 7
      zDimension 7
      xSpacing 1
      zSpacing 1
      height [ 0 0 0 0 0 0 0
               0 1 0 0 0 1 0
               0 0 0 1 0 0 0
               0 0 0 2 0 0 0
               0 0 0 0 0 0 0
               0 0 1 1 1 0 0
               0 0 0 0 0 0 0 ]
      }
   appearance Appearance
      {
      material Material
         { diffuseColor 0.9 0.7 0.7 }
      }
   }
```

Ergebnis:



Hintergrund-Knoten:

Background	**groundColor**	MFColor	Farbwerte
	groundAngle	MFFloat	Winkel für Bodenfarben
	skyColor	MFColor	Farbwerte
	skyAngle	MFFloat	Winkel für Himmelsfarben
	backUrl	SFString	URL für hinteres,
	bottomUrl	SFString	unteres usw.
	frontUrl	SFString	Hintergrundbild
	leftUrl	SFString	
	rightUrl	SFString	
	topUrl	SFString	
	set_bind	SFBool	für eventIn
	isBound	SFBool	für eventOut

Anwendung auf das letzte Beispiel

wir hängen ans Ende an:

```
Background
    {
    skyAngle [ 1.6 ]
    skyColor [ 0 0 1, 0.4 0.4 1 ]
    groundAngle [ 1.6 ]
    groundColor [ 0.8 0.8 0.8, 0.01 0.025 0.001 ]
    frontUrl "wiessee.jpg"
    backUrl "wiessee.jpg"
    leftUrl "wiessee.jpg"
    rightUrl "wiessee.jpg"
    }
```

Ergebnis:

Hyperlink zu anderen VRML-Dateien:

Inline	**description**	SFString	Targetbeschreibung
	parameter	MFString	Parameter
	url	MFString	Liste der Targets

Hyperlink zu anderen Dateien (nicht notw. VRML):

Anchor	**description**	SFString	Targetbeschreibung
	parameter	MFString	Parameter
	url	MFString	Liste der Targets
	children	MFNode	Feld für Kindknoten
	addChildren	MFNode	für eventIn
	removeChildren	MFNode	für eventIn
	bboxCenter	SFVec3f	Zentr. der bounding box
	bboxSize	SFVec3f	Größe der b. box

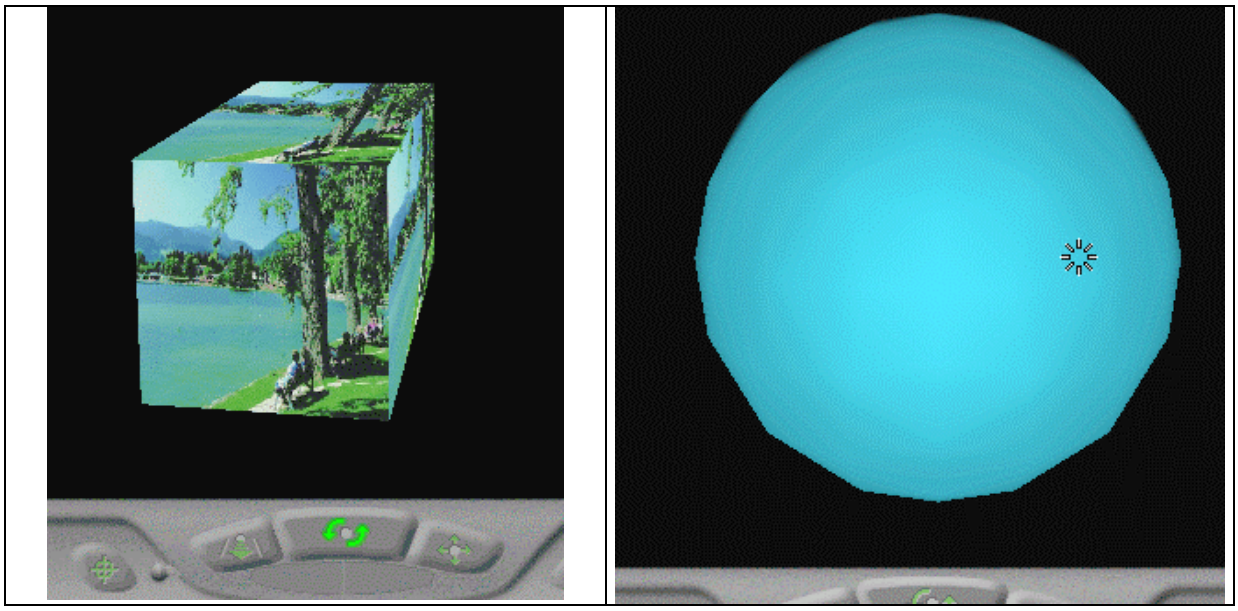
Beispiel:
2 Dateien, die wechselseitig verlinkt sind.
Erste Datei:

```
#VRML V2.0 utf8
# anchor1.wrl

Anchor
   {
   url "anchor2.wrl"
   description "Eintritt in eine neue Welt"
   children
      [
      Shape
         {
         geometry Box { size 1 1 2 }
         appearance Appearance
            {
            texture ImageTexture
               { url "wiessee.jpg" }
            }
         }
      ]
   }
```

Zweite Datei:

```
#VRML V2.0 utf8
# anchor2.wrl

Anchor
   {
   url "anchor1.wrl"
   description "Zurück in die alte Welt"
   children
      [
      Shape
         {
         geometry Sphere { radius 3 }
         appearance Appearance
            {
            material Material
               { diffuseColor 0.3 0.9 1 }
            }
         }
      ]
   }
```

Ergebnis:



Die "Teleportation" von einer Welt in die andere erfolgt durch Anklicken des Anker-Objekts mit der Maus. (Der Mauscursor verändert seine Gestalt über dem Anker-Objekt, siehe rechts.)