Knoten zur Hierarchie-Bildung

- Einfache Gruppen-Knoten:

```
Group {
  MFNode children []
}
```

  - Die Knoten im Feld **`children`** dürfen wieder **`Group`**-Knoten sein oder **`Shape`**-Knoten

- Beispiel: ...

- Transformationen:

```
Transform {
  MFNode      children          []
  SFVec3f     center            0 0 0
  SFRotation  scaleOrientation  0 0 1 0
  SFVec3f     scale             1 1 1
  SFRotation  rotation          0 0 1 0
  SFVec3f     translation       0 0 0
}
```

C
R_1
S
R_2
T

  - Alle Kinder unter einem **`Transform`**-Knoten werden transformiert
    - Oft hat ein **`Transform`**-Knoten nur 1 Kind
  - Bedeutung:

$$p' = T \cdot C \cdot R_2 \cdot R_1 \cdot S \cdot R_1^{-1} \cdot C^{-1} \cdot p$$

    - scaleOrientation erlaubt also eine Skalierung entlang beliebiger (lokaler) Achsen, nicht nur entlang der lokalen Koord.achsen

- Ein "include"-Mechanismus mittels des **`Inline`**-Knotens:

```
Inline {
  SFBool   load   TRUE
  MFString url    []
}
```

  - Mit **`load=FALSE`** kann man das Laden der Teil-Szene aufschieben; bei **`TRUE`** wird die Teil-Szene beim Parsen der Parent-Szene geladen
  - Die erste gefundene URL im Feld **`url`** wird genommen

- Beispiel:

```
Transform {
  scale 0.5
  children [
    Inline {
      url [ "coordAxes.wrl"
            "http://my.site.com/coordAxes.wrl" ]
    }
  ]
}
```

Ein einfacher Schalter

- Mit dem **`Switch`**-Knoten kann man eines aus mehreren Kindern einschalten
- Definition:

```
Switch {
  SFInt32 whichChoice  -1
  MFNode  children     []
}
```

  - **`whichChoice=-1`** schaltet alle Kinder ab, **`whichChoice=0`** schaltet das erste Kind an

- Mit diesem Knoten kann man Hinweistafeln u.ä. erstellen:

```
Billboard {
  SFVec3f axisOfRotation 0 1 0
  MFNode  children       []
}
```

  - Dieser Knoten erzeugt in jedem Frame eine Transformation, die dafür sorgt, daß die lokale z-Achse zum aktuellen Viewpoint zeigt
  - **`axisOfRotation`** wird im lokalen Koordinatensystem spezifiziert
  - Falls **`axisOfRotation`** = (0,0,0) ist, dann wird zusätzlich die lokale y-Achse parallel zur y-Achse des Viewers ausgerichtet

Wiederverwendung von Szenengraphenteilen

- Beispiele, wo Wiederverwendung Sinn macht:
  - Ein Teil der Geometrie kommt mehrfach in der Szene vor (i.A. an verschiedenen Positionen)
  - Dieselbe Appearance (Material / Textur) soll auf verschiedene Geometrien angewendet werden
- Mechanismus in X3D/VRML:
  - Namen für einen Knoten definieren:

```
DEF NodeName NodeType {
  fields ...
}
```

  - An jeder Stelle, wo ein Knoten des entsprechenden Typs stehen kann, kann nun einfach

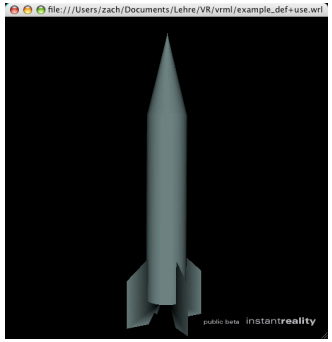
```
USE NodeName
```

    verwendet werden

- Beispiel:

example_def+use.wrl (~/Documents/Lehre/VR/vrml) – VIM

```
Shape {
  geometry Cylinder {
    height 4
    radius 0.4425
    top FALSE
  }
  appearance DEF Cammi Appearance {
    material Material {
      diffuseColor 0.45 0.55 0.55
    }
  }
}
Transform {
  translation 0 2.9 0
  children [
      Shape {
        geometry Cone {
          bottomRadius 0.4425
          height 1.8
        }
        appearance USE Cammi
      }
  ]
}
DEF TailFin Transform {
  translation 0.175 -2.5 0
  children [
      Shape {
        geometry IndexedFaceSet {
          coordIndex [ 0 1 2 3 4 5 -1 ]
          solid FALSE
          coord Coordinate {
            point [ 0 0.4 0 0.25 0 0 0.75 0 0 0.75 1 0 0 1.65 0 0 0.4 0 ]
          }
        }
        appearance USE Cammi
      }
  ]
}
Transform {
  rotation 0 1 0 1.57
  children [
      USE TailFin
  ]
}
Transform {
  rotation 0 1 0 3.14
  children [
"example_def+use.wrl" [converted] 58L, 931C written
```



vrml/examples/
example_def+use.wrl

Bemerkungen

- Die Bezeichnung **`DEF`** ist sehr unglücklich
- Wahre Semantik / Eselsbrücke: **`DEF`** ≈ "Name", **`USE`** ≈ Pointer!
- Scope: reicht vom **`DEF`** bis zum Ende des Files — Klammern (**`{ }`** **`[ ]`**) spielen keine Rolle!
- **`DEF`** muß im File vor **`USE`** kommen (logisch), aber nicht notwendigerweise auf demselben Level im Szenengraph
  - Dadurch könnte man sogar Zyklen im Graph erzeugen!
- Tip: sinnvolle Namen vergeben

Der Verhaltensgraph

- "Animationen" (i.e., dynamische Szenengraphen) sind Veränderungen des Szenengraphen; z.B.:
  - Änderungen von Tranformationen, z.B. die Position von Objekten oder die Bewegung eines Roboterarmes,
  - Änderungen des Materials, z.B. der Farbe oder der Texturkoord. eines Objektes,
  - Deformation eines Objektes, d.h., Änderungen der Vertex-Koord.,
- Alle diese Veränderungen sind äquivalent zur Änderung eines Feldes eines Knotens zur Laufzeit

Events und Routes

- Der Mechanismus in X3D zur Veränderung des Szenengraphen:
  - Es gibt spezielle Knoten, deren Felder sich ändern
  - Eine Änderung eines Feldes erzeugt einen sog. Event
  - Felder können miteinander durch sog. Routes verbunden werden
  - Bei Auftreten eines Events wird der Inhalt des Feldes vom Route-Anfang zum Feld des Route-Endes kopiert ("der Event wird propagiert")

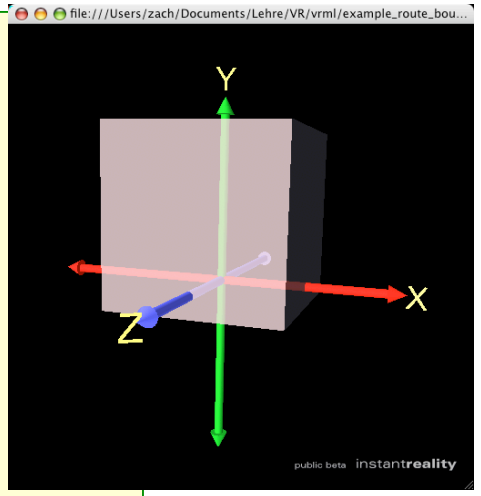
- Felder haben nicht nur Typ und Wert, sondern auch einen sog. *"access type"*:

VRML97	X3D
`eventIn`	**`inputOnly`**
`eventOut`	**`outputOnly`**
`field`	**`initializeOnly`**
`exposedField`	**`inputOutput`**

- Felder mit einem Namen **`zzz`**, die den Access-Type exposedField haben, haben implizit den Namen **`zzz_changed`**, wenn sie als Ausgabe-Feld verwendet werden, und den Namen **`set_zzz`**, wenn sie als Eingabe-Feld verwendet werden
  - Viele der vordefinierten Felder in vordef. Knoten sind **`exposedField`**'s

- Ein einfaches Beispiel:

```
DEF ts TimeSensor {
  loop TRUE
  cycleInterval 5
}

DEF pi PositionInterpolator {
  key       [ 0        0.5    1       ]
  keyValue  [ 0 -1 0, 0 1 0, 0 -1 0 ]
}

DEF tr Transform {
  translation 0 0 0
  children [
    Shape { geometry Box { } }
  ]
}

ROUTE ts.fraction_changed TO pi.set_fraction
ROUTE pi.value_changed TO tr.set_translation
```



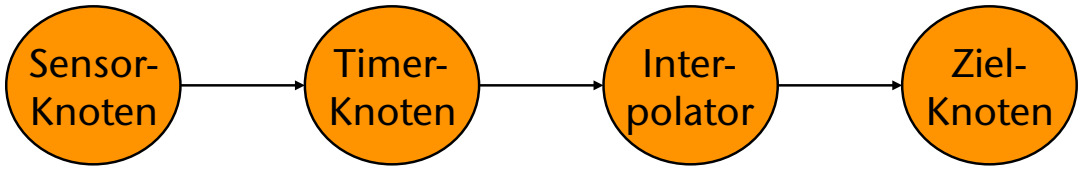
example_route_bounce.wrl

- Syntax der Routes:

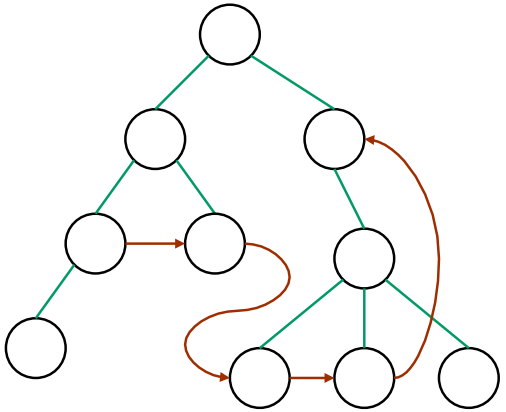
```
ROUTE NodeName.outputFieldName TO NodeName.inputFieldName
```

  - Die Knoten müssen früher im File mit **`DEF`** spezifiziert worden sein
  - Routes dürfen nur von Ausgabe-Feldern (d.h., **`eventOut`** oder **`exposedField`**) zu Eingabe-Feldern (d.h., **`eventIn`** oder **`exposedField`**) gezogen werden
  - Felder dürfen *fan-in* und *fan-out* haben (mehrere eingehende / ausgehende Routes)
    - Verhalten bei gleichzeitiger Ankunft mehrerer Events ist undefiniert!

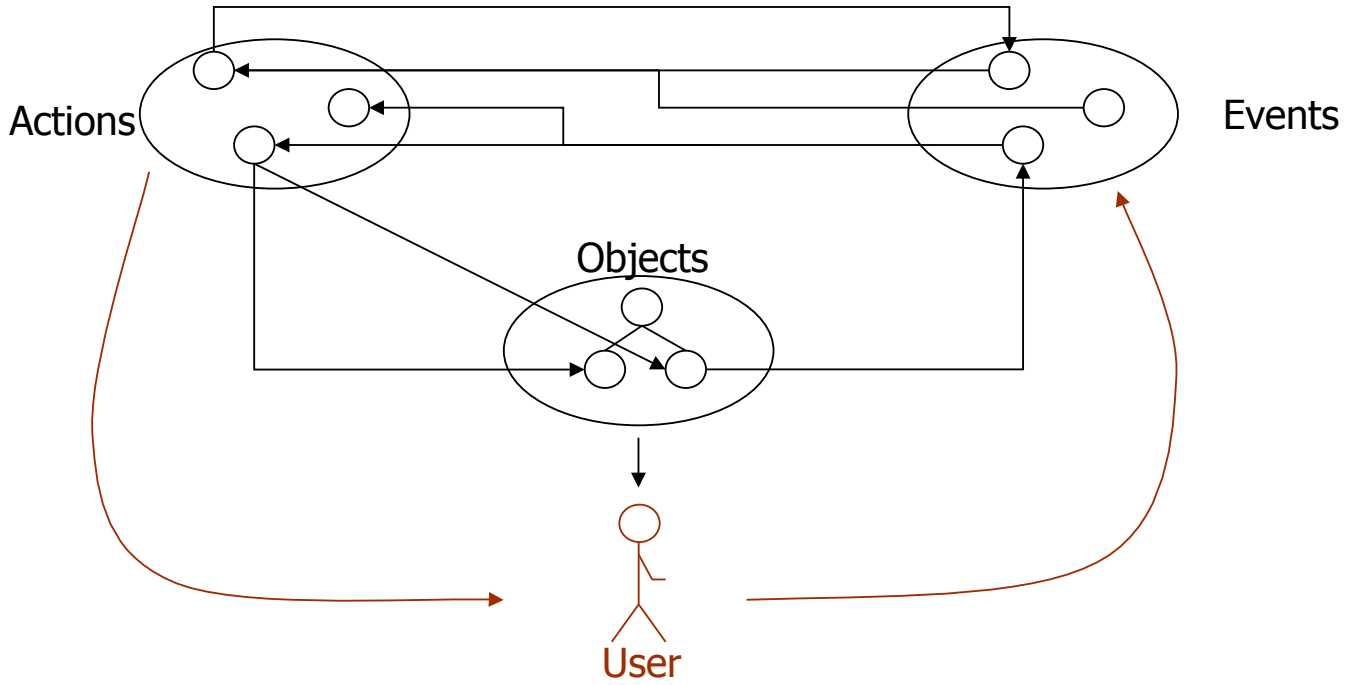
- Eine Folge von Routes verläuft oft nach diesem Schema:



- Der Behavior-Graph:
  - Ergibt sich durch die Menge aller Routes
  - Heißt auch Route-Graph, oder Event-Graph
  - Ist ein zweiter, dem Szenengraphen überlagerter Graph



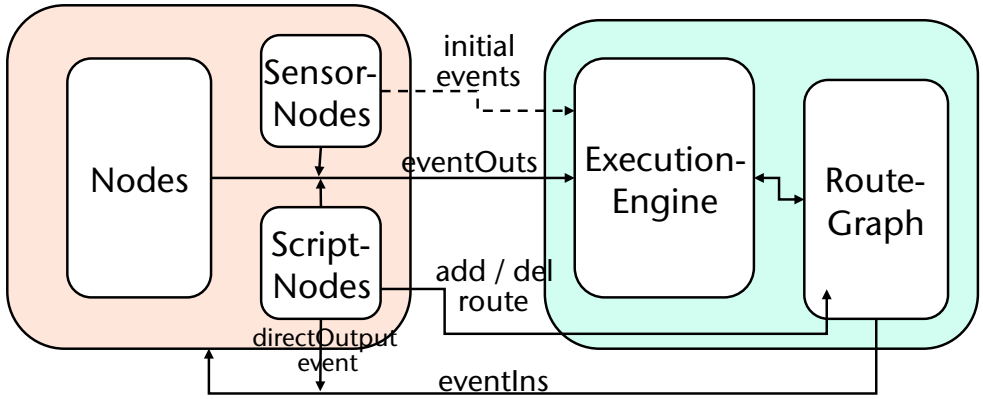
Exkurs: Das AEO-Konzept



- In X3D/VRML:
  - actions & objects sind alle Knoten im selben Scenegraph
  - Events sind flüchtige "Ereignisse", haben keine greifbare Repräsentation

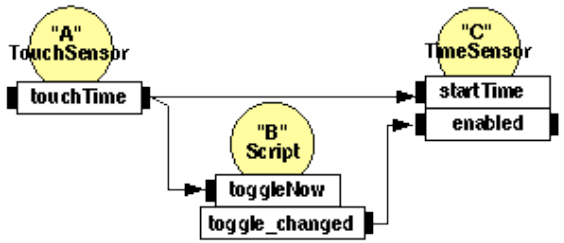
Das Execution Model

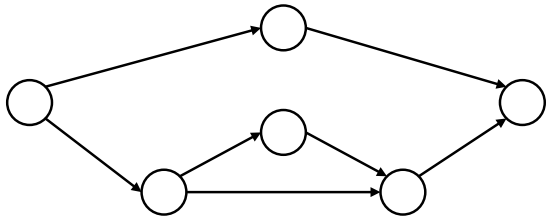
- Die Event Cascade:
  - Initialer Event (von Script, Sensor, oder Timer)
  - Propagiere an alle angeschlossenen **`eventIn`**'s
  - Knoten (z.B. Interpolator) können als Folge weitere Events generieren über **`eventOut`**'s
  - Alle diese Events sind Teil derselben Kaskade
  - Propagiere so lange, bis die Kaskade leer ist



  - Pro Frame können mehrere Kaskaden auftreten (durch verschiedene initiale Events ausgelöst)

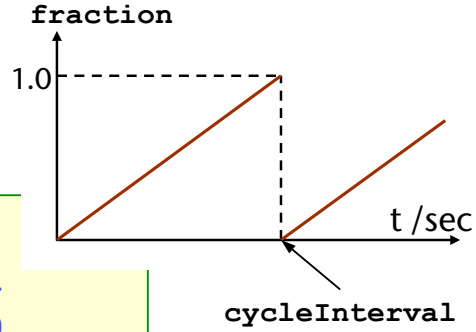
- Routes induzieren eine Abhängigkeit der Knoten:
  - Propagiere in der "richtigen" Reihenfolge
  - Algo:
    - Breadth-first traversal
    - Sortiere aktuelle Front gemäß Abhängigkeiten





- Zyklen:
  - Sind erlaubt (manchmal sogar sinnvoll)
  - *Loop breaking rule*:
    Jedes Feld darf nur 1x pro Event-Kaskade "feuern";
    m.A.W.: jede Route wird nur 1x pro Event-Kaskade "bedient"

Knoten für Animationen



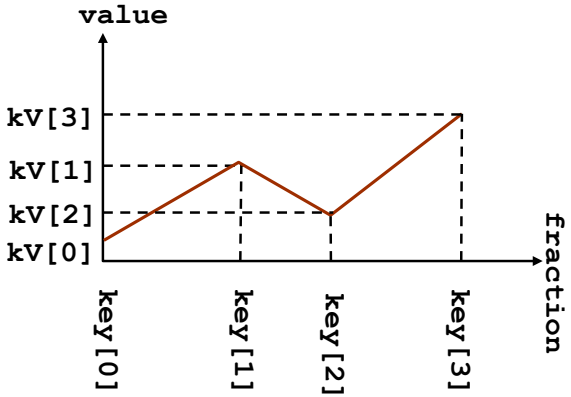
- Der **`TimeSensor`**-Knoten:

```
TimeSensor {
  exposedField  SFTime   cycleInterval     1
  exposedField  SFTime   startTime         0
  exposedField  SFBool   loop              false
  eventOut      SFTime   fraction_changed
  eventOut      SFTime   time
  eventOut      SFBool   isActive
  eventOut      SFTime   cycleTime
  ...
}
```

  - Der Timer wird aktiv, sobald die System-Zeit > **`startTime`** wird
  - Falls **`startTime=-1`**, ist der Timer inaktiv
    - Das ist die beste Art, einen Timer zu de-/aktivieren (s. Bsp. drehende_quadrate)
  - Mit Hilfe von **`isActive`** kann man Animationen aneinanderketten
    - **`isActive`** zeigt an, ob ein Timer gerade läuft
  - **`cycleTime`** sendet einen **`SFTime`**-Event bei jedem **`cycle`**-Beginn

- Ein Knoten zur Interpolation von Skalaren:

```
ScalarInterpolator {
  MFFloat exposedField key
  MFFloat exposedField keyValue
  SFFloat eventIn      set_fraction
  SFFloat eventOut     value_changed
}
```



- Weitere Interpolationsknoten:

```
ColorInterpolator {
  MFVec3f  expF  keyValue
  SFColor  out   value_changed
}
```

```
CoordinateInterpolator {
  MFVec3f expF  keyValue
  MFVec3f out   value_changed
}
```

```
PositionInterpolator {
  MFVec3f  expF  keyValue
  SFVec3f  out   value_changed
}
```

```
OrientationInterpolator {
  MFRotation  expF  keyValue
  SFRotation  out   value_changed
}
```

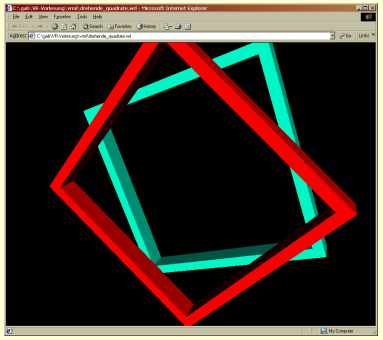
- Achtung: man sollte darauf achten, daß man den richtigen Interpolator zum "richtigen" Knoten verbindet
  - Es ist z.B. nicht erlaubt, einen **`ColorInterpolator`** mit der **`translation`** eines **`Transform`**-Knotens zu verbinden
- Der **`CoordinateInterpolator`** ist dazu gedacht, Geometrie zu animieren (also animierte Deformation)
  - Achtung:

$$\text{Anzahl } \texttt{Vec3f's im Feld value\_changed} = \frac{\text{Anzahl } \texttt{Vec3f's im Feld keyValues}}{\text{Anzahl } \texttt{key's}}$$

    und diese Anzahl muß natürlich mit dem Empfänger-Feld übereinstimmen

Beispiele

```
DEF Frame1 Transform {
  translation 0.0 0.0 -0.5
  children [ Shape { … } ]
}
DEF Frame2 Transform {
  translation 0.0 0.0 +0.5
  children [ Shape { … } ]
}

DEF Rot1 OrientationInterpolator {
  key       [ 0.0,              0.5,              1.0               ]
  keyValue  [ 0.0 0.0 1.0 0.0, 0.0 0.0 1.0 3.14, 0.0 0.0 1.0 6.28 ]
}
DEF Rot2 OrientationInterpolator {
  key       [ 0.0,              0.5,              1.0               ]
  keyValue  [ 0.0 0.0 1.0 0.0, 0.0 0.0 1.0 3.14, 0.0 0.0 1.0 6.28 ]
}

DEF Timer1 TimeSensor { cycleInterval 10.0 loop TRUE startTime -1 }
DEF Timer2 TimeSensor { cycleInterval 11.0 loop TRUE startTime -1 }

ROUTE Timer1.fraction_changed TO Rot1.set_fraction
ROUTE Timer2.fraction_changed TO Rot2.set_fraction
ROUTE Rot1.value_changed TO Frame1.set_rotation
ROUTE Rot2.value_changed TO Frame2.set_rotation
```

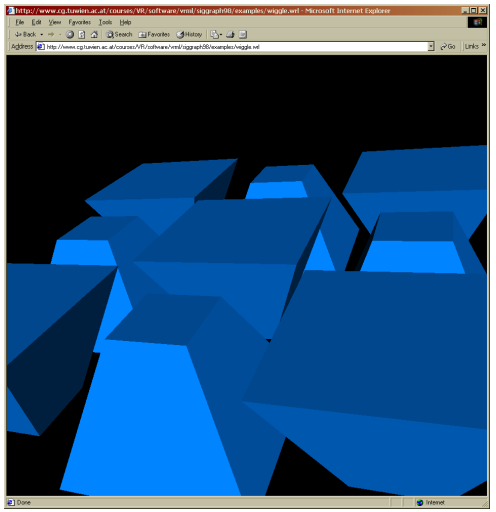


drehende_quadrate.wrl

wiggle.wrl + (~/Documents/Lehre/VR/vrml) – VIM

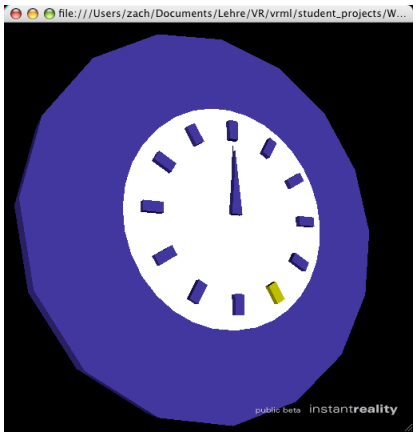
```
            children USE Wig }
Transform { translation  3.0 0.0 0.0 rotation 1.0 0.0 0.0 3.1415
            children USE Wig }

Transform { translation  0.0 0.0 -3.0 rotation 1.0 0.0 0.0 3.1415
            children USE Wig }
Transform { translation -3.0 0.0 -3.0
            children USE Wig }
Transform { translation  3.0 0.0 -3.0
            children USE Wig }

Transform { translation  0.0 0.0  3.0 rotation 1.0 0.0 0.0 3.1415
            children USE Wig }
Transform { translation -3.0 0.0  3.0
            children USE Wig }
Transform { translation  3.0 0.0  3.0
            children USE Wig }


DEF Clock TimeSensor {
    cycleInterval 2.0
    loop TRUE
    startTime 1.0
    stopTime 0.0
}

DEF Interpolator CoordinateInterpolator {
    key [ 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0 ]
    keyValue [
    # 1st coordinate set
        -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,
         1.0 -1.0  1.0,
         1.0 -1.0 -1.0,
        -1.0 -1.0 -1.0,
    # 2nd coordinate set
        -0.5  1.0  0.5,
         0.5  1.0  0.5,
         0.5  1.0 -0.5,
        -0.5  1.0 -0.5,
        -1.5 -1.0  1.5,
         1.5 -1.0  1.5,
         1.5 -1.0 -1.5,
        -1.5 -1.0 -1.5,
    # 3rd coordinate set
        -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,
         1.0 -1.0  1.0,
         1.0 -1.0 -1.0,
        -1.0 -1.0 -1.0,
    # 4th coordinate set
```

Beispiel für CoordinateInterpolator



wiggle.wrl

Beispiel für CoordilorInterpolator



vrml/student_projects/WallClock.wrl

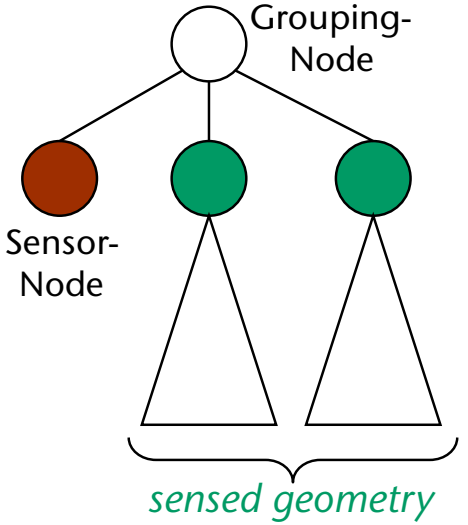
Knoten für User-Input

- Zur Abfrage von User-Input gibt es eine ganze Reihe von **`Sensor`**-Knoten
- Die meisten haben folgende Felder (zusätzlich zu ihren spezifischen):

```
SFString exposedField description  ""
SFBool   eventOut     isOver
SFBool   eventOut     isActive
SFBool   exposedField enabled      true
```

  - Mit **`enabled`** kann man einen Sensor de-/aktivieren
  - Das Feld **`description`** is freiwillig, sollte aber unbedingt ausgefüllt werden (sonst weiß man 2 Wochen später überhaupt nicht mehr, welche Funktion ein Sensor hat!)
  - **`isActive=true`** gdw. alle Vorbedingungen für einen bestimmten Sensor sind erfüllt
  - **`isOver=true`** gdw. die Maus sich über dem "heißen" Bereich des Sensors befindet

- Aktivierung:
  - alle Sensor-Knoten sind einem Teil des Szenengraphen zugeordnet
  - der Sensor ist aktiv gdw. der User irgend eine Geometrie in diesem Teil (die *sensed geometry*) angeklickt hat (bzw. hält)



- Mapping:
  - Die meisten Sensor-Knoten mappen die 2D-Maus-Pos. auf eine 3D-Position in der VE (was natürlich nicht notw. die Hauptaufgabe ist)
  - Dieses Mapping geschieht durch Schnitt des Strahls vom Viewpoint durch die Maus mit der Szene
  - Diesen Schittpunkt kann man mit den Feldern **`offset_changed`**, **`autoOffset`**, und **`trackPoint_changed`** abfragen
    - Diese Felder ex. in allen Sensorknoten; die Bedeutung kann vom konkreten Mapping abhängen

- **`TouchSensor`**:
  - erzeugt Ausgaben, sobald die Geometrie geklickt wird
  - wird oft zum Auslösen von Timern verwendet
    - Bsp.: ein virtueller Button soll eine Tür öffnen
- **`PlaneSensor`**:
  - konvertiert die select-and-drag-Bewegung in eine 3D-Bewegung, die aber auf eine Ebene im Raum eingeschränkt ist
  - diese Ebene ist die lokale z=0 Ebene
  - wird oft zum Bewegen von Geometrie auf einer Ebene verwendet
    - Verbinde das Feld **`translation_changed`** mit **`set_translation`** eines **`Transform`**'s
  - Die Koordinaten von **`translation_changed`** sind relativ zum lokalen Koord.system!

- **`CylinderSensor`**:
  - Funktioniert ähnlich wie der PlaneSensor
  - Unterschied: die Maus-Position wird auf einen Zylinder gemapt
  - Ausgabe-Feld: rotation_changed
  - Häufiger Verwendung: zur Implementierung von Drehknöpfen
  - Gibt sehr viele weitere Parameter-Felder
- **`SphereSensor`**:
  - you get the idea by now ...

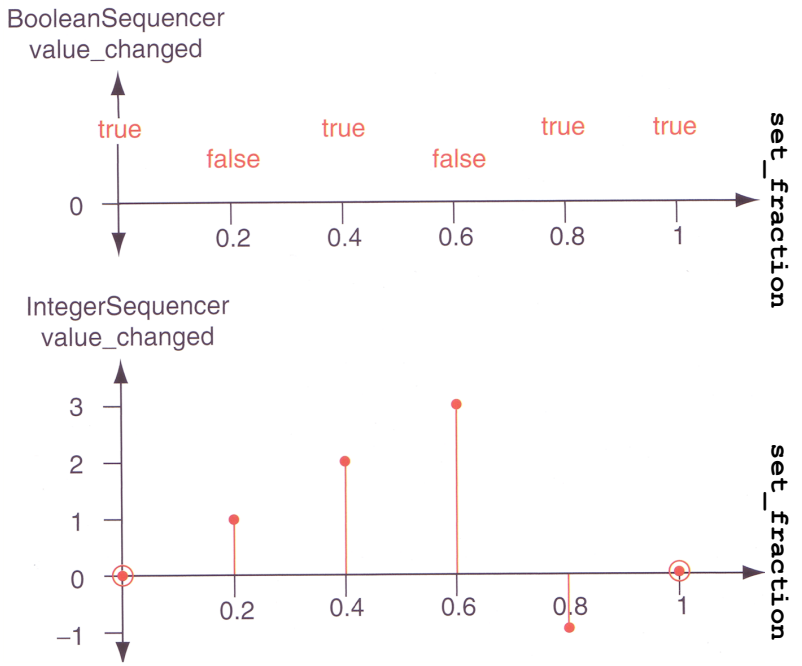
- **`KeySensor`:**
  - Interface zum Keyboard
  - Ausgabe-Felder:

```
SFInt32  actionKeyPress
SFInt32  actionKeyRelease
SFString keyPress
SFString keyRelease
```

- **`StringSensor`:**
  - String-basiertes Interface zum Keyboard
  - Erlaubt die Eingabe kompletter Strings

Utility-Knoten für Animationen

- Diese sind soz. "glue nodes"
  - Z.B.: SFBool → SFTime, SFFloat → SFVec3f
- Sequencer-Knoten:
  - Diskrete Variante der Interpolator-Knoten
    - Ausgabe-Feld **`value_changed`** nimmt nur Werte aus dem Feld **`keyValue`** an
    - Keine Interpolation
    - Das Ausgabe-Feld ändert seinen Wert nur, wenn der Wert im Feld **`set_fraction`** von einem Interval [**`key`**[i], **`key`**[i+1]) in ein anderes Interval [**`key`**[j], **`key`**[j+1]) wechselt



  - Varianten: **`BooleanSequencer`**, **`IntegerSequencer`**, **`FloatSequencer`**(?)

- Trigger-Knoten
  - **`BooleanTrigger`**: konvertiert SFTime → SFBool
    - Erzeugt immer einen True-Event, wenn ein Event eingeht
  - **`IntegerTrigger`**: konvertiert SFBool → SFInt32
    - Der ausgegebene Wert kann an einem weiteren Feld spezifiziert werden
  - **`TimeTrigger`**: konvertiert SFBool → SFTime
    - Erzeugt die aktuelle System-Zeit am Ausgabe-Feld, wenn ein Event eingeht

- **`BooleanFilter`**:

```
SFBool eventIn  set_boolean
SFBool eventOut inputFalse
SFBool eventOut inputNegate
```

  - **`inputFalse`** liefert **`True`**-Event, wenn **`set_boolean`** **`False`**-Event empfängt
  - **`inputNegate`** liefert den negierten Event von **`set_boolean`**

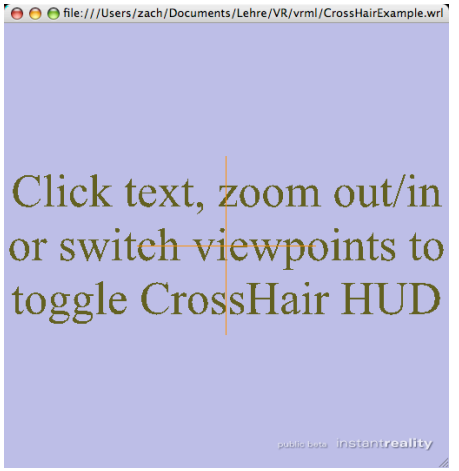
- **`BooleanToggle`**:
  - "Toggle switch" = Kippschalter

```
SFBool eventIn      set_boolean
SFBool exposedField toggle
```

  - Das Feld **`toggle`** kippt jedesmal, wenn ein **`True`**-Event empfangen wird

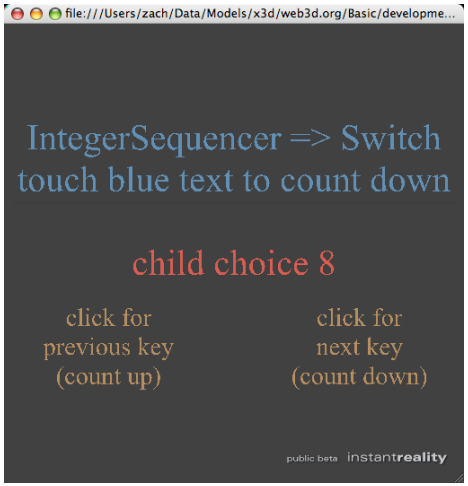
Beispiele

- Beispiel für
  - Geometrie, die fest bleibt relativ zum Viewpoint
  - **`Switch`** (und **`PROTO`**)
  - **`ProximitySensor`**, **`TouchSensor`**,
  - **`BooleanToggle`**, **`-Trigger`**, **`-Filter`**



CrossHair.wrl

- Beispiel für
  - **`IntegerSequencer`** und **`Switch`**



IntegerSequencer.wrl

Script-Knoten

- Erlauben die Implementierung von komplexen Verhalten in einer sog. "Skript"-Sprache
  - Der Standard läßt die konkrete Sprache offen;
    er definiert statt dessen ein sog. *Scene Access Interface (SAI)*
    - Früher EAI (*External Access Interface*)
  - Typisch sind Java und/oder Javascript (aka ECMAScript)
    - Für diese gibt es dann sog. Bindings, d.h., ein konkretes API, das das SAI impl.
    - InstantReality kann beides, FreeWRL ?
- IMHO ein Design-Bug im Standard: "Browsers are not required to support any specific language"

- Deklaration / Syntax:

```
Script {
  exposedField  MFString  url
  field         SFBool    directOutput FALSE
  field         SFBool    mustEvaluate FALSE
  # And any number of:
  eventIn       fieldType fieldName
  exposedField  fieldType fieldName    initialValue
  eventOut      fieldType fieldName
  field         fieldType fieldName    initialValue
}
```

  - Zur Erinnerung die Access Types:

VRML97	Bedeutung
eventIn	nur Eingabe
eventOut	nur Ausgabe
field	nur Daten
exposedField	Kombination

- Das **`url`**-Feld:
  - Link auf einen Javascript-File:

```
url [ "MyBehavior.js"
      "http://www.my.site/"MyBehavior.js" ]
```

  - Link auf einen Java-File:

```
url [ "MyBehavior.class"
      "http://www.my.site/"MyBehavior.class" ]
```

  - Javascript-Source-Code:

```
url [ "javascript:
  var x, y, z;
  function initialize( timeStamp )
  {
    ...
  }

" ]
```

Zugriff auf die Felder

- Zu jedem **`eventIn`**-Feld gibt es eine Funktion mit demselben Namen
  - Heißt Event-Handler
  - Wird irgendwann innerhalb der Event-Kaskade aufgerufen, falls Event eintrifft
  - Parameter: Wert des Events (Kopie der Daten) & Timestamp
- Zu jedem **`eventOut`**-Feld gibt es eine implizit vordefinierte Variable mit dem Namen **`xxx_changed`** und passendem Typ
  - Schreiben der Variable = Generieren eines Events
    - Event wird nur 1x pro Time-Stamp erzeugt!
- Zu jedem **`eventIn`**-Feld gibt es eie implizit vordefinierte Variable mit dem Namen **`set_xxx`**

Beispiel

```
DEF SomeNode Transform
{
  translation 0 0 0
  children [ ... ]
}

Script
{
  field   SFNode  tnode USE SomeNode
  eventIn SFVec3f pos
  directOutput TRUE
  url [ "javascript:
          function pos(value, timestamp)
          {
            tnode.set_translation = value;
          }
        " ]
}
```

Bemerkungen

- Das Feld **`directOutput`** muß man auf **`TRUE`** setzen, falls der Script-Knoten andere Knoten direkt manipuliert; falls **`directOutput= FALSE`**, dann darf der Script-Knoten den Rest der Szene nur über Routes modifizieren!
- Innerhalb einer Event-Kaskade bekommen alle Funktionsaufrufe denselben Timestamp
- Innerhalb eines Frames können die Event-Handler mehrfach aufgerufen werden
- Spezielle Funktionen (hier in Javascript):
  - **`eventsProcessed()`**: wird am Ende einer Event-Kaskade aufgerufen
  - **`prepareEvents()`**: wird vor dem Route-Processing aufgerufen
    - Z.B. zur Abfrage von externen Geräten
  - **`initialize()`**: wird direkt nach dem Laden der Szene aufgerufen

- Alle Knoten haben 2 (bislang verschwiegene) Felder

```
inputOnly   MFNode   addChildren
inputOnly   MFNode   removeChildren
```

- Das Execution-Model mit Skript-Knoten:

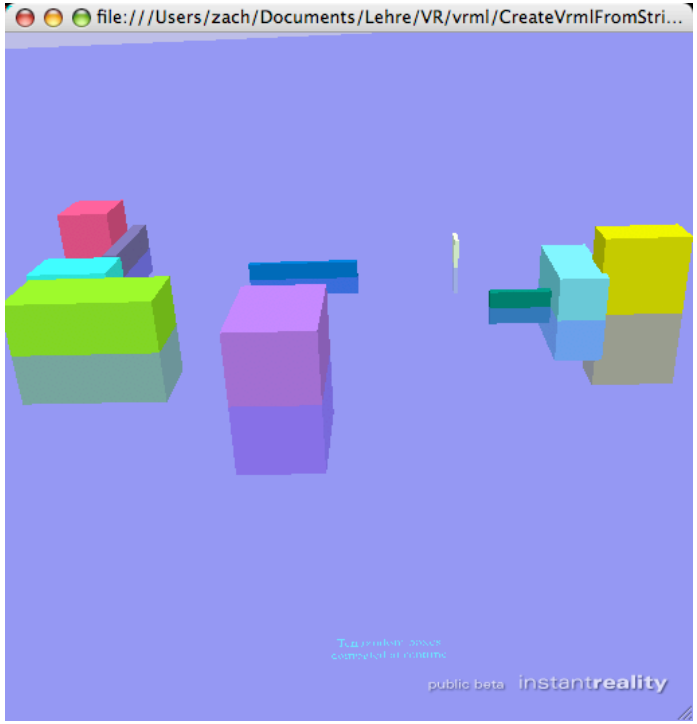
```
1.  Update Camera (based on currently active Viewpoint node)
2.  Evaluate Sensor nodes and
    all script-nodes' prepareEvents() function
    (→ initial events)
3.  for all initial events:
4.    process the event cascade, i.e., route events
5.    if any script node was visited during routing:
6.      evaluate its eventsProcessed() function
7.  Render scene; swap rendering buffers
8.  Browser's clock ← system clock (one "clock tick")
```

- Output-Events eines Skripts bekommen denselben Timestamp wie dessen Input-Events
- Zugriff auf Elemente eines Vektors (z.B. **`SFVec3f`**) :

  `v[0], v[1], v[2]`
- Zugrif auf Elemente eines **`MF`**-Feldes (Arrays): **`values[0]`**, ...
  - Beispiel: **`MFRotation values`** → **`values[0][3]`** = Winkel der 1. Rot

Beispiele

- Zur Laufzeit generierte Geometrie:

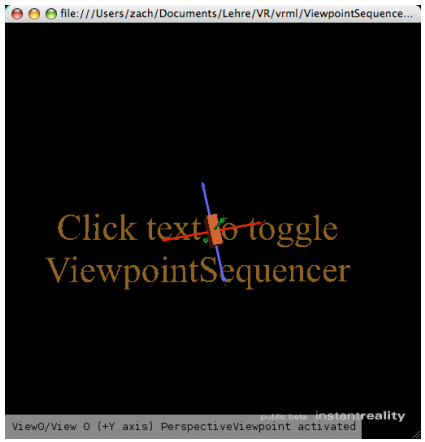


examples/CreateVrmlFromStringRandomBoxes.wrl

- Beispiel für
  - "printf"-Ausgabe auf der Konsole des Browsers
  - Javascript-Knoten
    - Zugriff auf andere Knoten der Szene mittels

```
field SFNode AliasNode USE SceneNode
```

  - Billboard
  - Funktionalität: schaltet verschiedene Viewpoints durch



examples/ViewpointSequencer.wrl

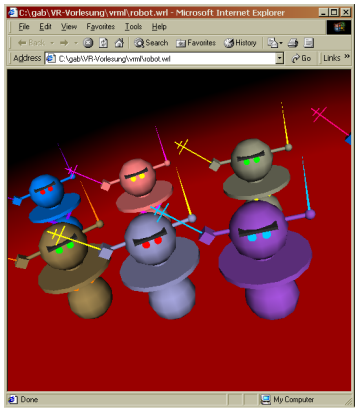
Ein Bug in der X3D-Spezifikation

- Felder mit einem Namen zzz, die den Access-Type exposedField haben, haben implizit den Namen zzz_changed, wenn sie als Ausgabe-Feld verwendet werden, und den Namen set_zzz, wenn sie als Eingabe-Feld verwendet werden
- Problem mit inputOutput-Feldern in Script-Knoten:
  - Es wird ein Event-Handler (= Funktion) zzz() definiert ...
  - ... und eine Variable zzz
  - Ist in Javascript nicht erlaubt, da Funktionen und Variablen im selben Namespace leben!

Prototypes

- Definition neuer Knotenarten; faßt zusammen:
  - Knoten (Shapes, Sensors, Interpolators, etc.)
  - Script-Knoten
  - Routes
- Beispiel:

examples/robot.wrl



Name der neuen Knoten-Klasse

```
PROTO Robot
[   field SFColor eyeColor 1.0 0.0 0.0
    ...
]{
    Shape { appearance Appearance {
                material Material {
                    diffuseColor IS eyeColor
            } }
    ...
}
```

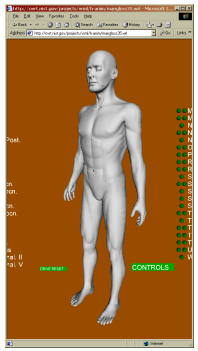
Interface (Felder & Events)

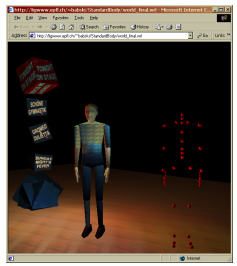
Body (Implementierung)

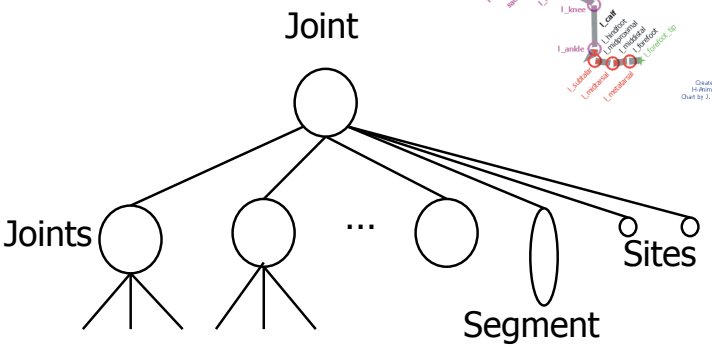
Zuweisung des Interfaces

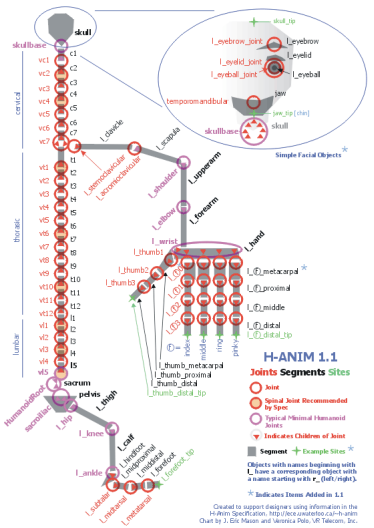
Weiterentwicklungen

- In X3D:
  - Es kommen laufend neue Knoten hinzu, z.B. für Shader
- H-Anim:
  - Standard zur Spezifizierung von "humanoiden" Figuren in VRML97/X3D
  - Joints = Baumstruktur
  - Segments =Geometrie
  - Sites = "Handles" (ausgezeichnete Punkte im Koord.system des Joints)









Tips & Tricks zum Entwickeln mit X3D/VRML

- Editor:
  - Man wird früher oder später X3D-Code "von Hand" editieren müssen
  - ASCII-Editor verwenden, der Syntax-Highlighting für VRML/X3D hat!
  - ... und der Klammer-Matching beherrscht!
- X3D-Edit ?

Debugging

- Im wesentlichen nur "printf"-Debugging möglich
- Beispiel: ein Debug-Knoten

```
DEF Debug Script {
  eventIn MFVec3f set_coord
  eventIn SFFloat set_float
  url [ "javascript:
    function set_coord( value, timestamp )
    {
      print( 'Debug: coord = ' + value + '\n' );
    }
    function set_float( value, timestamp )
    {
      print( 'Debug: float = ' + value + '\n' );
    }
  " ]
}
```

Beispiel in examples/wiggle_with_debug.wrl

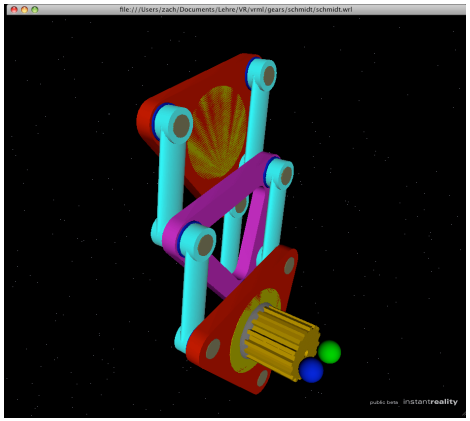
- Alternative in InstantReality:
  - Mittels des Nicht-Standard-Knotens **`Logger`**

```
DEF Log Logger
{
  level 3       # 0 - ..
  logFile ""    # default = console
}
ROUTE Clock.fraction_changed TO Log.write
```

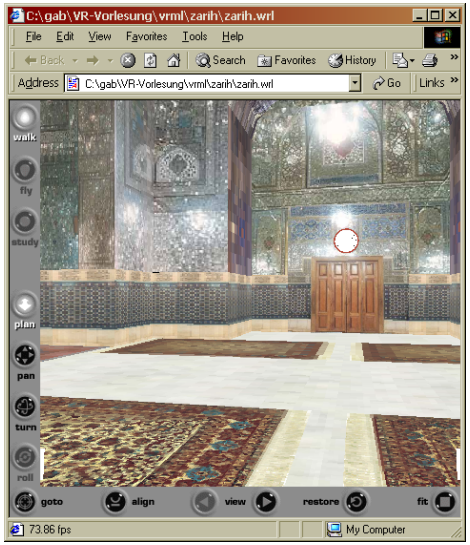
- Extrem praktisches Feature: Der X3D-Browser von InstantReality erlaubt es, zur Laufzeit den Szenengraphen zu beobachten und sogar Felder zu verändern!
- Anleitung:
  - In InstantPlayer: Help → Web Interface Scenegraph
  - Ein Browser-Fenster öffnet sich
  - In der Tabelle klicken: "Named" → "scene (Scene)"
- Demo:
  - Szene: eg2001competition/ah2k/ah2k.wrl
  - Links: Named → scene (Scene) → DEF spinClock TimeSensor → enabled TRUE/FALSE

Demos

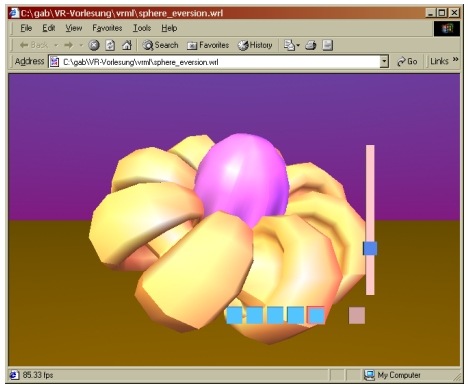
Veranschaulichung von komplizierten Kinematiken



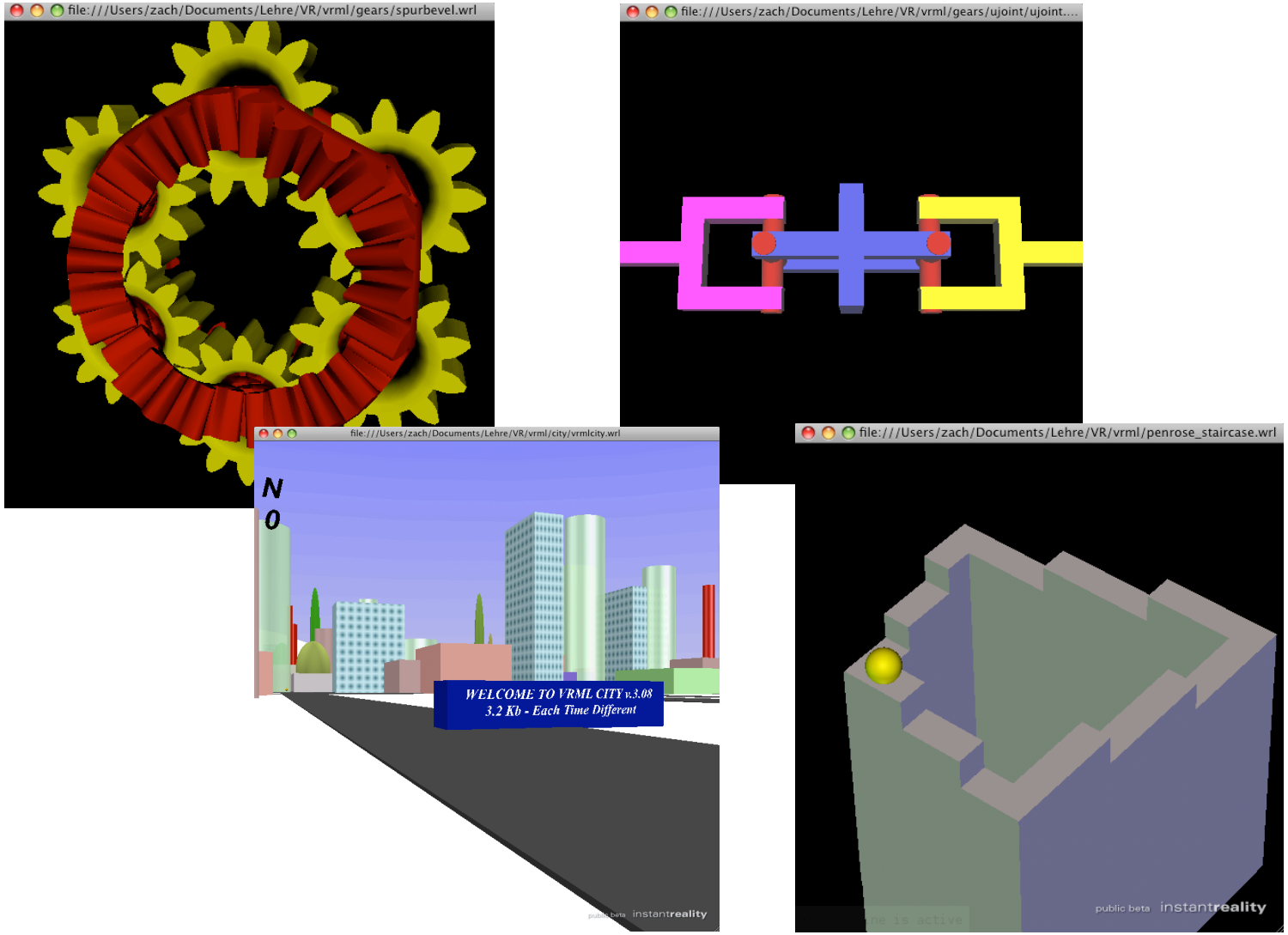
Spiele
(Quelle: Eurographics 2001 competition)



Cultural heritage
(Quelle: www.aqrazavi.org)



Edutainment (Wissenschaft?), Wissenstranfer
Bsp.: *sphere eversion*


file:///Users/zach/Documents/Lehre/VR/vrml/gears/spurbevel.wrl
file:///Users/zach/Documents/Lehre/VR/vrml/gears/ujoint/ujoint....
file:///Users/zach/Documents/Lehre/VR/vrml/city/vrmlcity.wrl
N
O
WELCOME TO VRML CITY v.3.08
3.2 Kb - Each Time Different
public beta instantreality
file:///Users/zach/Documents/Lehre/VR/vrml/penrose_staircase.wrl
public beta instantreality