

*Eine deklarative Komponentenarchitektur  
und Interaktionsbausteine  
für dreidimensionale  
multimediale Anwendungen*



**Dipl.-Inform. Raimund Dachsel**

TU Dresden, Fakultät Informatik,  
Lehrstuhl für Multimediatechnik

# Gliederung

- Motivation und Problemstellung
- 3D-Benutzungsschnittstellen
  - *Action Spaces* und Widgetklassifikation
- CONTIGRA: eine 3D-Komponentenarchitektur
  - Existierende Ansätze
  - Komponentenentwicklungsebenen
  - Die XML-Auszeichnungssprachen
  - Autorenwerkzeug und Zielformate
- Zusammenfassung und Ausblick

# Motivation und Problemstellung

- Interaktive 3D-Anwendungen: Virtuelle Realität
- 3D-Benutzungsschnittstellen Teil von Post-WIMP-UI
- Desktop-VR: breiteres Anwendungsfeld & Potential
  - Leistungssteigerung von 3D-Hardware für PCs
  - Entwicklung von 3D-Internettechnologien
- Zunahme Web-basierter 3D-Anwendungen
  - Produktpräsentationen, E-Commerce, Service
  - Lehr- / Lernanwendungen, Unterhaltung und Freizeit, DVEs
  - Architektur-, Städte- und Landschaftsplanung
  - Informationsvisualisierung und Navigation

# Motivation und Problemstellung



# Motivation und Problemstellung

## ■ Probleme

- Vielfalt proprietärer Web3D-Formate vs. VRML/X3D
- Ungenügende Autorenwerkzeuge, Entwickler?
- Zeitaufwendige Produktion, Wiederverwendbarkeit ?
- Keine 3D-Designstandards, keine Richtlinien, geringes Vokabular an 3D-Interaktionsbausteinen (>10 Jahre...)

## ■ Vision

- Metaphern, Gestaltungsrichtlinien und Bausteine für 3D-Benutzungsschnittstellen → Standards für 3D-UI
- Repertoire einfach konfigurierbarer, wiederverwendbarer high-level 3D Komponenten zur Anwendungserstellung
- Interdisziplinäre, visuelle Autorenwerkzeuge  
→ wenig Programmierung

# **Metaphern und Widgets für interaktive 3D-Anwendungen / 3D-Benutzungsschnittstellen**

# 3D-Benutzungsschnittstellen

- „We believe that interactive 3D graphics and animation will be an important component of future user interfaces directed towards business, consumer and entertainment applications.“ [MicrosoftResearch]



# 3D-Benutzungsschnittstellen

## ■ Vorteile

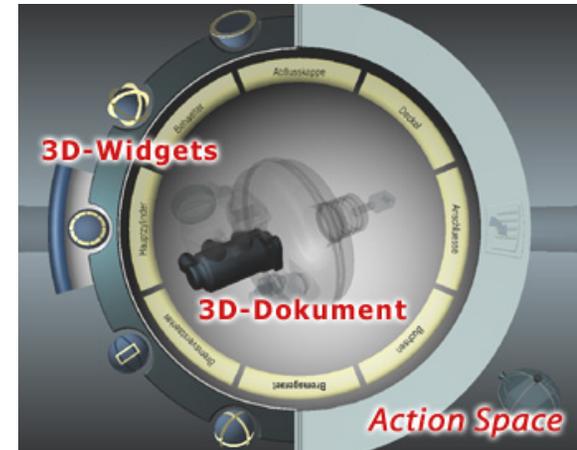
- Räumliches Orientierungs- und Handlungswissen, Gedächtnis
- Virtuelle 3D-Werkzeuge: Gestalt und visuelle Ausprägung kommunizieren ihre Funktion bzw. Handhabbarkeit
- Verbesserte Aufmerksamkeitssteuerung durch vielfältigere visuellere Differenzierung
- Erhöhte Freiheitsgrade: Farbe, Form, Textur, Schattierung, Größe, Lage, Bewegung etc. → reicherer Informationsraum
- Größeres Gestaltungspotential als 2D-Oberflächen → 3D-GUIs attraktiver und emotional anziehender (breiterer Nutzerkreis)

# 3D-Benutzungsschnittstellen (UI)

- Probleme
  - Achtlose Übertragung von 2D-Metaphern (z.B. Textlesbarkeit)
  - Komplexität des 3D-Raumes
    - Design, Produktsprache (keine interdisziplinäre Entwicklung)
    - Orientierungs- und Navigationsprobleme
    - 6DOF-Geräte, Pointing komplizierter, Auflösung geringer etc.
  - Fehlende Vertrautheit (Darstellungsqualität, keine Standards)
- Lösungsansätze
  - Gestaltungsrichtlinien für 3D-Anwendungen
  - Gliederung virtueller Räume mit *Action Spaces*
  - Klassifikation und Systematisierung von 3D-Interaktionselementen (3D-Widgets)

# 3D-UI: Action Spaces

- Gliederung virtueller Räume mit *Action Spaces*
  - Blickpunktabhängiger 3D-Raum mit Interface-Elementen und assoziierten Aufgaben
  - Metaphern für geometrische Strukturen und zur Navigation zwischen Räumen [Dachselt 00]



	Fahrstuhl	Schienenfahrzeug	Rutsche	Fliegender Teppich / Stuhl	Teleportierung
Raum	++	+	+	+	+
Drehbühne	++	-	+	+	+
Gebäude	+++	++	+	-	-
Raumstation	++	++	-	++	+
Molekül	+	-	+++	++	+
Stadtmetapher	-	+++	++	+++	++

# 3D-UI: Widgetklassifikation

- Zahlreiche Einzelentwicklungen im VR-Bereich
  - VR-Interaktionstechniken [Mine 95], [Hand 97], [Bowman 99]...
  - Klassifikation: *Interaction Techniques ML* [Figuroa et al. 02]
- Für Desktop-VR wichtig: *3D-Widgets*
  - Kapseln 3D Geometrie und Verhalten [Conner et al. 92]
  - Direkte Manipulation, Rückkopplung, Animation
  - Erste Einteilung: *Entwicklung von 3D-Widgets* [Leiner et al. 97]
  - bisher geringes Vokabular
- Klassifikation von > 70 Widgets nach Einsatzbereich & Interaktionsziel [CONTIGRA/Realisierung/Komponentenhierarchie/](#)

# 3D-UI: Widgetklassifikation

## Direkte 3D-Objektinteraktion

Objektselektion

Geometrische Manipulation

## Manipulation der 3D-Szene

Orientierung und Navigation

Steuerung der Szenenpräsentation

## Exploration und Visualisierung

Geometrische Exploration

Hierarchievisualisierungen

Visualisierungen von Graphen

Visualisierung von 2D-Daten und Dokumenten

## Anwendungskontrolle

Zustandsänderung / Diskrete Wertgeber

Kontinuierliche Wertgeber

Spezielle Werteeingaben

Menüselektion

Container

## Menüselektion

Temporäre Optionsmenüs

*Rotary Tool Chooser*

*Menükugel (Menu Ball)*

*Command & Control Cube*

*Popup Menu*

*Tool Finger*

*TULIP*

Einzelmenüs

*Ringmenü*

*Listenmenü (Floating Menu)*

*Drop-Down-Menü*

*Rondell, Drehbühne mit Stelen*

*Chooser Widget*

*3D-Palette, Primitive Box u.a.*

Menühierarchien

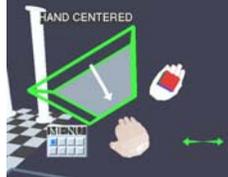
*Hands-off Menu*

*Hierarchical Pop-Up Menus*

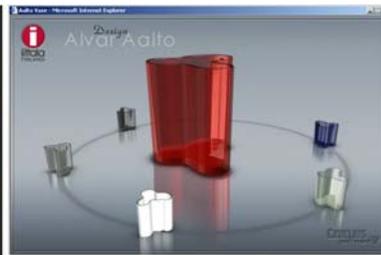
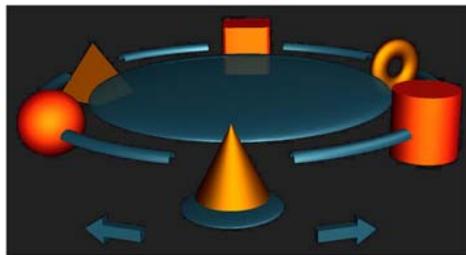
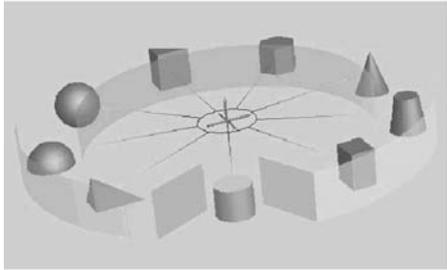
*Tool Rack*

*Tortenmenü (3D Pie Menu)*

Hierarchievisualisierungen



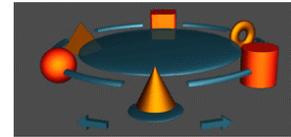
# 3D-UI: Widgetspezifikation



- Einheitliche Spezifikation
- „Datenblätter“ für Widgets
- Klassifikation im Web

## Ring Menu Component

[General Parameters](#) [Geometry Parameters](#) [Appearance Parameters](#) [Behavior Parameters](#) [Developer](#)



A ringmenu component is composed of items arranged on a rotatable ring. In addition to the ring there is a fixed geometry, which doesn't rotate. In front of the menu a selection geometry highlights the current selection. When the mouse is moved over the geometry parts rotate left and rotate right, the ring is rotated accordingly.

**Usage:**  
complement CoMenuComponent

3D-Preview

**Version:** 1.0 date: 2001-10-11  
**Developer:** [Michael Hinz](#)  
**Licence model:** none

[Download Ring Menu Component](#)

General Parameters	dataType	configurable	receivesEvents	generatesEvents			
<b>ItemList</b> List of menu entries	CoAnyURLList	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>SelectedItem</b> Index of currently selected item (zero based)	CoInteger		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<b>SelectedItemURL</b> URL of currently selected item	CoAnyURI			<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
Geometry Parameters	dataType	configurable	receivesEvents	generatesEvents			
<b>FixedGeometry</b> Fixed geometry does not rotate with the ring. It should be used as a frame.	CoGeometryGroup	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>InterItemGeometry</b> Geometry between the items	CoAnyURI	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>RotateLeftGeometry</b> Ring rotates left when mouse is moved over this geometry.	CoGeometryGroup	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>RotateRightGeometry</b> Ring rotates right when mouse is moved over this geometry.	CoGeometryGroup	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>SelectionGeometry</b> Selection geometry does not rotate with the ring. It should be used to highlight the selected item.	CoGeometryGroup	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Appearance Parameters	dataType	configurable	receivesEvents	generatesEvents			
<b>ItemRatio</b> Ratio between items and in between geometry	CoFloat	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
<b>RingRadius</b> Radius of the ring	CoFloat	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>		
Behavior Parameters	dataType	configurable	receivesEvents	generatesEvents			
<b>RotationSpeed</b> Rotation speed of the ring (must be > 0)	CoFloat	<input checked="" type="checkbox"/>			<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Michael Hinz  
Dresden University of Technology  
<http://www.contigra.com>

TU Dresden, Lehrstuhl Multimediatechnik  
Dresden  
Germany

# **CONTIGRA: Eine 3D-Komponentenarchitektur**

# Existierende Ansätze

- CORBA, DCOM, EJB für interaktive 3D-Grafik nur wenig geeignet
- Einige 3D-Komponentenansätze
  - Klassifikation in [Dachselt 01]
  - *Code-zentriert*: NPSNET-V, i4D, 3D Beans, ...  
[Capps et al. 00], [Geiger et al. 00], [Dörner & Grimm 00]
  - *Dokument-zentriert*: Jamal [Rudolph 99], VRML Prototypes
  - Formatabhängigkeit, Low-Level, Erstellung komplex

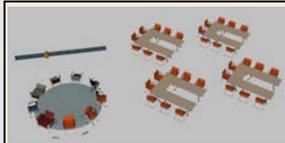
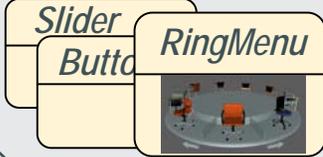
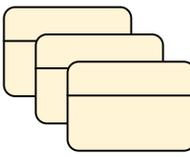
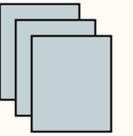
# CONTIGRA - Architektur

*Component OriENted Three-dimensional  
Interactive GRaphical Applications*

## ■ Charakterisierung

- Dokumentzentrierte 3D-Komponentenarchitektur
- Strukturierte Dokumente beschreiben Schnittstellen, Implementierung, Konfiguration und Assemblierung
- Deklarativer, mehrschichtiger Ansatz auf XML-Basis
- High-Level Sicht, Szenengraphdetails verborgen
- Spezifikation und Beschreibung unabhängig von proprietären 3D-APIs oder -Formaten

# CONTIGRA: Komponententwicklungsebenen

Ebenen	Aufgaben	Resultierende Dokumente	Werkzeuge
Laufzeit	<i>Nutzung, evtl. Adaption</i>	 <p>Ausführbare 3D-Applikation im Zielformat (Web / stand alone)</p>	Spezifische 3D-Viewer (z.B. X3D Applet, VRML- oder Viewpoint-PlugIn)
Anwendungs-entwicklung	<i>Komponenten-Konfiguration, Assemblierung, Verknüpfung</i>	 <p>assemblierte 3D-Applikation (formatunabhängig)</p>  <p>konfigurierte Komponenten</p>	<b>ContigraBuilder</b>
Distribution	<i>Suche, Auswahl, Download</i>	 <p>Distributionsfähige 3D-Komponenten</p>	Komponenten-datenbanken, Webportale 
Komponenten-entwicklung	<i>Schnittstellen-beschreibung</i>	 <p>3D-Komponenten mit Komponenten-schnittstelle</p>	<b>ContigraBuilder</b>
	<i>Implementierung</i>	 <p>und separaten Implementierungs-dateien</p>	3D-Modellierungs-, Medien & Programmier-werkzeuge

# CONTIGRA: XML-Auszeichnungssprachen

Aufgaben

XML Schemas

CONTIGRA-Dokumente

SG-Dateien

Andere Dateien

*Szenenintegration*

CONTIGRA Application

<CoApplication>

Beschreibung der 3D-Szenen

*Schnittstellen-  
beschreibung und  
Konfiguration*

CONTIGRA Component

<CoComponent>

Deklaration der  
Komponenten-  
schnittstelle

*Implementierung.  
Assemblierung u.  
Verknüpfung von  
Szenengraphen &  
Subkomponenten*

CONTIGRA Component Implementation

Contigra-  
Komponente

<CoComponent  
Implementation>

Subkomponenten-  
und Subszenen-  
graphen mit  
Verknüpfungen  
aller Implemen-  
tierungsteile

Verweise auf andere Komponenten

Editor-  
plugins

Vorschau-  
bilder

Audio  
Graph

X3D

Geometry  
Graph

Behavior  
Graph

Sounds

Videos,  
Texturen

JARs,  
Code

1 - n  
Szenen-  
graphdateien

# CONTIGRA: XML-Auszeichnungssprachen

- CoApplication, CoComponent, CoComponentApplication
- Audio3D
  - Als multimediale Erweiterung von CONTIGRA, X3D, ...
  - Verknüpfungselemente zur Anbindung an 3D-Grafik-Formate
  - Hierarchischer Szenengraph: Soundquellen, Hindernisobjekte, Räume, Hörer ...
  - Akustische Umgebungen mit mehreren Räumen (mit Öffnungen) in beliebigen Detailstufen beschreibbar durch reflektierende und absorbierende Oberflächen sowie Hallparameter
  - 3 Level: *Core*, *Common*, *Full*; Konformität zu IASIG-Level 1 & 2
  - Unabhängigkeit: Abbildung auf verschiedene 3D-Sound-APIs

# CONTIGRA: XML-Auszeichnungssprachen

## ■ Behavior3D

- Deklarative Verhaltensprogrammierung durch vorgefertigte Verhaltensknoten
- Knoten-Definitionssprache *Behavior3DNode* mit objektorientierten Möglichkeiten: Vererbung, strenge Typisierung, Polymorphismus
- Automatische Generierung eines XML-Schemas auf der Grundlage aller existierenden Knotendefinitionen → dynamische Spracherweiterung
- Kollektionen mit zahlreichen vordefinierten Knoten (an SMIL angelehnt + X3D-Knoten)
- Demo Laptop (394 vs. 158 LOC)

# ContigraBuilder

The screenshot displays the ContigraBuilder software interface, which is used for creating interactive 3D environments. The interface is divided into several main panels:

- Komponentenpalette (Component Palette):** Located on the left, it contains a 'VORSCHAU' (Preview) window and lists various components under 'Menüs' (Menus) and 'Werteinstellungen' (Value Settings). The 'Ring Menu Component' is currently selected.
- 3D-Editor:** The central workspace shows a 3D scene with a circular table and several chairs. A text overlay reads '3D-Editor z.Z. noch nicht integriert, Bildmontage' (3D Editor currently not integrated, image composition). Navigation tools like 'get', 'align', 'view', and 'restore' are visible at the bottom of the editor.
- Verknüpfungs- & Verhaltenseditor (Linking & Behavior Editor):** Located on the right, it shows a hierarchical tree of components and their properties. The 'Ring Menu Component' is expanded, showing its 'SelectedItem' and 'SelectedItemURL' properties. A context menu is open over the 'Environmental Sensor' component, listing various actions like 'Animation', 'New Specific', 'Event Utilities', 'State Machine', and 'Pointing Device Sensor'. The 'State Machine' component is also expanded, showing its 'event', 'currentState', and 'behavior' properties.
- Komponenteninspektor (Component Inspector):** Located at the bottom, it displays the properties of the selected 'Ring Menu Component'. The properties are organized into sections: 'ERSCHEINUNG' (Appearance), 'GEOMETRIE' (Geometry), 'VERHALTEN' (Behavior), and 'ALLGEMEIN' (General).
 

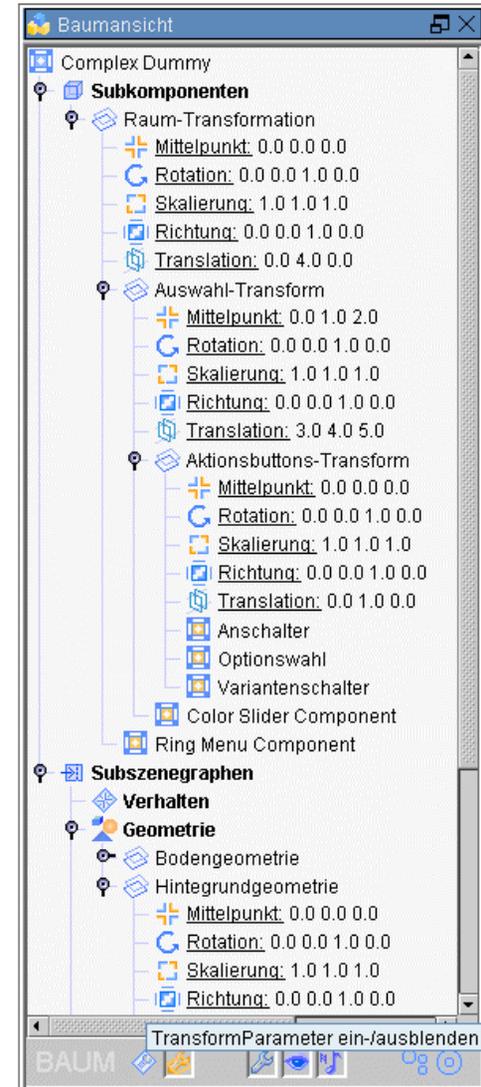
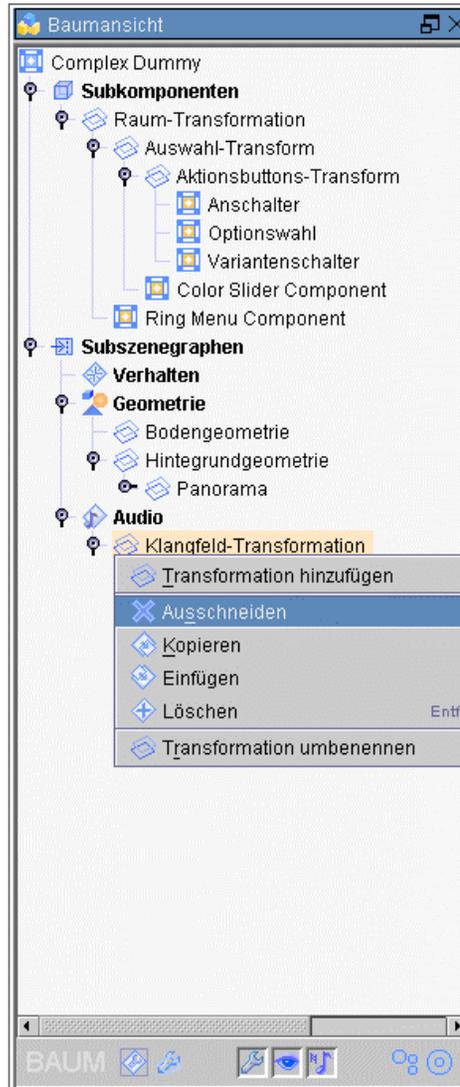
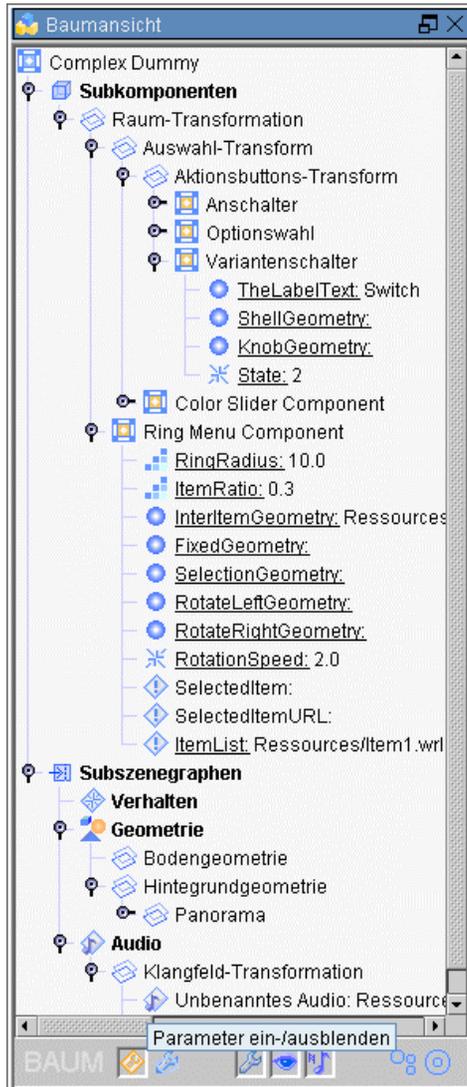
Property	Value
RingRadius	10.0
ItemRatio	0.3
InterItemGeometry	Ressources/InterItemGeometry0.wrl
FixedGeometry	Ressources/FixedGeometry.wrl
SelectionGeometry	Ressources/SelectionGeometry.wrl
RotateLeftGeometry	Ressources/RotateGeometry.wrl
RotateRightGeometry	Ressources/RotateGeometry.wrl
RotationSpeed	2.0
- Baumansicht (Tree View):** Located on the left side, below the component palette, it shows a hierarchical tree of the scene's structure, including 'Subkomponenten' (Sub-components), 'Subszenegraphen' (Sub-scene graphs), 'Verhalten' (Behavior), 'Geometrie' (Geometry), and 'Audio'.

The bottom status bar shows the message 'CONTIGRA Builder started.'

# ContigraBuilder: Komponentenpalette

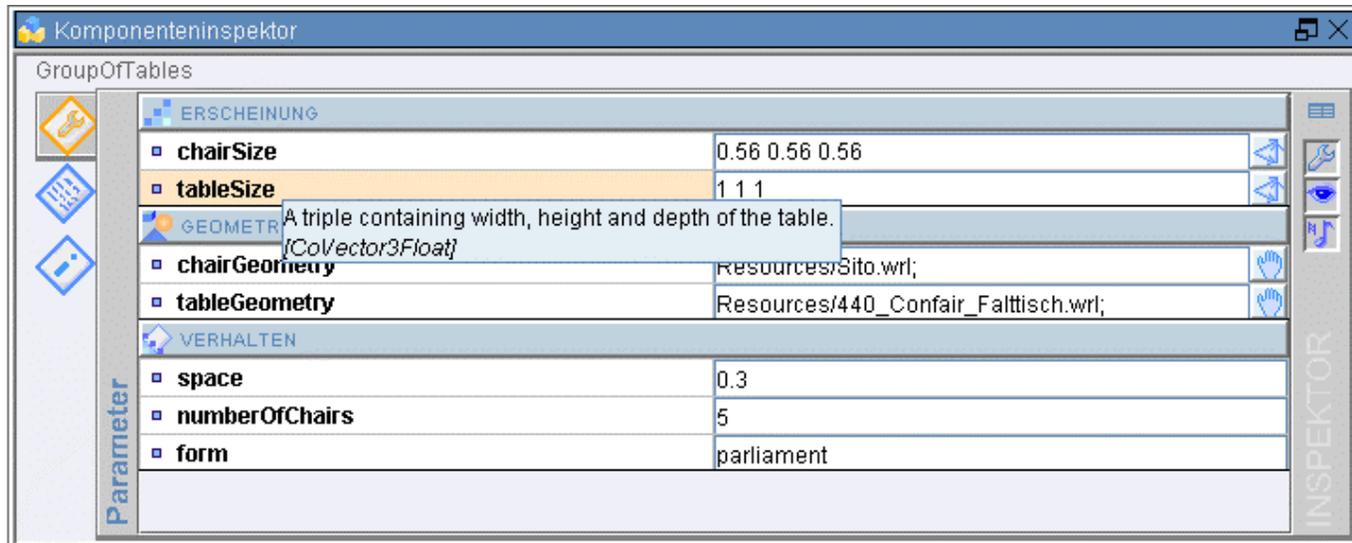


# ContigraBuilder: Baumansicht



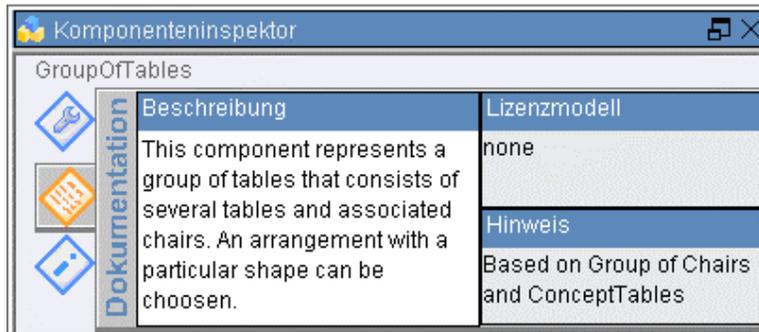
# ContigraBuilder: Inspektor

- Metainformation, HL-Parameter (Kategorien, Sichtbarkeit)



Bsp.1

Bsp.2



# ContigraBuilder: Autorenrollen

- Für einen interdisziplinären Autorenprozeß

The left screenshot shows a detailed tree structure for a 'Complex Dummy' component. The tree is organized into 'Subkomponenten' (Sub-components) and 'Subszenegraphen' (Sub-scene graphs). The 'Subkomponenten' section includes 'Raum-Transformation', 'Auswahl-Transform', 'Aktionsbuttons-Transform', 'Anschalter', 'Optionswahl', 'Variantenschalter', 'Color Slider Component', and 'Ring Menu Component'. The 'Ring Menu Component' has parameters like 'RingRadius: 10.0', 'ItemRatio: 0.3', and 'RotationSpeed: 2.0'. The 'Subszenegraphen' section includes 'Verhalten', 'Geometrie', and 'Audio'. A 'Designer' role overlay is visible in the bottom right corner of the right screenshot, indicating the role's focus on the visual and interactive aspects of the component.

ERSCHEINUNG	
RingRadius	10.0
ItemRatio	0.3

GEOMETRIE	
InterItemGeometry	Ressources/InterItemGeometry0.wrl
FixedGeometry	Ressources/FixedGeometry.wrl
SelectionGeometry	Ressources/SelectionGeometry.wrl
RotateLeftGeometry	Ressources/RotateGeometry.wrl
RotateRightGeometry	Ressources/RotateGeometry.wrl

VERHALTEN	
ALLGEMEIN	
SelectedItem	
SelectedItemURL	
ItemList	Ressources/Item1.wrl;Ressources/Item2.wrl;Ressc

VERHALTEN	
RotationSpeed	2.0

ALLGEMEIN	
SelectedItem	
SelectedItemURL	
ItemList	Ressources/Item1.wrl;Ressources/Item2.wrl;Ressc

# Contigra: Formatttransformation

- Grundlage des Autorenwerkzeugs ist ein Objektmodell für alle XML-Schemata (DataBinding)
- Übersetzung
  - per API für Objektmodell
  - mit XSLT-Stylesheets für Contigra-XML-Dokumente
- Zielformate
  - VRML97, X3D
  - OpenSG und Java3D (in Arbeit)
  - MPEG-4 (geplant)
  - HTML für Webpräsentation / Dokumentation

# Zusammenfassung

- Beitrag zur Weiterentwicklung und Standardisierung von 3D-Benutzeroberflächen
  - Gestaltungsrichtlinien, Metaphern (Action Spaces)
  - Klassifikation und Spezifikation von 3D-Widgets
- Deklarativer 3D-Komponentenansatz
  - Dokumentbasierter High-Level-Komponentenansatz oberhalb SG
  - Durchgängig deklaratives Dokumentenmodell auf XML-Basis
  - Wiederverwendbarkeit auf verschiedenen Ebenen
  - Trennung des Szenengraphs in Audio, Geometrie und Verhalten
  - Abstraktion zu 3D-Formaten / Übersetzbarkeit in Zielformate
  - Interdisziplinäre Applikationsentwicklung, Autorenprozeß

## ■ Limitationen

- Nicht für alle Anwendungstypen geeignet
- Übersetzungsprozeß potentiell komplex, nicht 1:1
- Kritische Masse von Komponenten nötig, komplexe Beispielanwendungen fehlen noch

## ■ Künftige Arbeiten

- Weiterentwicklung ContigraBuilder, Evaluation
- Übersetzermodule in verschiedene 3D-Formate
- Binärformat, Kompression, Streaming
- Adaption an verschiedene Zielplattformen und Nutzer

# Diskussion

*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!*

Projektwebseiten: [www.CONTIGRA.de](http://www.CONTIGRA.de)

Kontakt: [dachselt@inf.tu-dresden.de](mailto:dachselt@inf.tu-dresden.de)



# Veröffentlichungen (Auswahl)

- Dachzelt, R.: ***Towards a Document-based Approach to 3D Components;*** Workshop proceedings "Structured Design of Virtual Environments and 3D-s" of the **ACM Web3D 2001** Symposium, Paderborn, February 2001.
- Dachzelt, R.: ***Contigra: A High-Level XML-Based Approach to Interactive 3D Components;*** Conference Abstracts and Applications, **SIGGRAPH 2001**, Los Angeles, August 2001
- Dachzelt, R.; Ebert, J.: ***Collapsible Cylindrical Trees: A Fast Hierarchical Navigation Technique;*** In: Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (**IEEE InfoVis 2001**), San Diego, October 2001
- Dachzelt, R.; Hinz, M.; Meißner, K.: ***CONTIGRA: An XML-Based Architecture for Component-Oriented 3D Applications;*** Proceedings des **ACM Web3D 2002** Symposiums, Tempe (USA), 24.-28. Februar 2002
- Dachzelt, R.; Rukzio, E.: ***Behavior3D: An XML-based Framework for 3D Graphics Behavior;*** In: Proceedings of the Eighth International Conference on 3D Web Technology: ACM Press, New York, S. 101-112, 9.-12. März 2003.
- Hoffmann, H.; Dachzelt, R.; Meißner, K.: ***An Independent Declarative 3D Audio Format on the Basis of XML;*** In: Proceedings of the 9th International Conference on Auditory Display: Boston University Publications Production Department, S. 99-102, Juli 2003.

## ■ Artikel

- [Conner et al. 92] Conner, B., Snibbe, S., Herndon, K., Robbins, D., Zeleznik, R., van Dam, A., Three-dimensional widgets. In Proceedings of Interactive 3D graphics Symposium, 1992, pp. 183-188.
- [Dachselt 00] Dachselt, R.: *Action Spaces - A metaphorical concept to support navigation and interaction in 3D interfaces*; In Proceedings User Guidance in Virtual Environments, Workshop "Usability Centred Design and Evaluation of Virtual 3D Environments", Paderborn, Germany, 13./14. April 2000
- [Dachselt 01] R. Dachselt. *Contigra - Towards a Document-based Approach to 3D Components*, Workshop proceedings "Structured Design of Virtual Environments and 3D-s" of the ACM Web3D 2001 Symposium, Paderborn, February 2001.
- [Dachselt & Ebert 01] Dachselt, R.; Ebert, J.: *Collapsible Cylindrical Trees: A Fast Hierarchical Navigation Technique*; To appear in: Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization (InfoVis 2001), San Diego, October 2001
- [Dörner & Grimm 00] R. Doerner and P. Grimm. *Three-dimensional Beans - Creating Web Content Using 3D Components in a 3D Authoring Environment*, Web3D/VRML 2000, February 2000.
- [Figueroa et al. 02] Figueroa, P.; Green, M.; Hoover, H. J. InTml: A Description Language for VR Applications. In Proceedings of Web3D'02, February 24-28, 2002. Tempe (USA)

# Literatur

- [Hand 97] Hand, C. A Survey of 3D Interaction Techniques. Computer Graphics Forum, 16, 5 (December 1997), pp. 269-281.
- [Geiger et al. 00] C. Geiger, V. Paelke, C. Reimann, W. Rosenbach. *A Framework for the Structured Design of VR/AR Content*, VRST 2000, October 2000.
- [Leiner et al. 97] Leiner, Preim, Ressel: „Entwicklung von 3D-Widgets - Überblicksvortrag“
- [Mine 95] Mine, M., Virtual environment interaction techniques. Technical Report of UNC Chapel Hill CS: TR95-018, 1995.

## ■ Webseiten

- XML-Schema: <http://www.w3.org/XML/Schema>
- Extensible 3D (X3D): <http://www.web3d.org/x3d.html>
- Contigra: <http://www.contigra.de>
- 3D User Interface Bibliographie:  
<http://www.mic.atr.co.jp/~poup/3dui/3duibib.htm>