

Einführung in die Visualisierung

Stefan Bruckner

Institut für Computergraphik und Algorithmen
Technische Universität Wien

Übersicht

- Definition und Hintergrund
- Die Visualisierungspipeline
- Visualisierung am ICGA
- Lehrveranstaltungen und Praktika

Stefan Bruckner

2

Übersicht

- Definition und Hintergrund
- Die Visualisierungspipeline
- Visualisierung am ICGA
- Lehrveranstaltungen und Praktika

Stefan Bruckner

3

Definition

- „to visualize - to form a mental vision, image, or picture of (something not visible or present to the sight, or of an abstraction); to make visible to the mind or imagination.“

[Oxford English Dictionary, 1989]

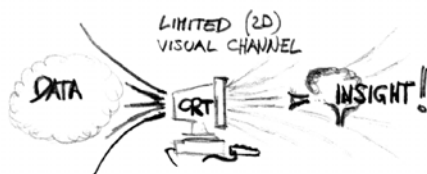
- Visuelle Aufbereitung von Daten
- Ziel ist allerdings nicht Photorealismus
- Vermittlung von Information mit Hilfe von Computergraphik

Stefan Bruckner

4

Prämisse

- „The purpose of computing is insight, not numbers.“ [R. Hamming, 1962]
- Ziel der Visualisierung ist es, dem Benutzer einen Einblick in die Daten zu verschaffen



Stefan Bruckner

5

Hintergrund

- Visualisierung ist sehr alt – Menschen haben schon immer versucht komplexe Vorgänge bildlich darzustellen
- Grosse Datenmengen machen eine graphische Aufbereitung zunehmend erforderlich
- Visualisierung ist allgegenwärtig (Graphen, Illustrationen, Business Graphics, ...)
- Seit ca. 15 Jahren eine eigene Wissenschaft (erste eigene Konferenzen 1990)

Stefan Bruckner

6

Höhlenmalerei



Höhlenmalereien aus dem Paleolithikum [ca. 15.000 v. Chr.]

Stefan Bruckner

7



Medizinische Illustration



Illustrationen von Leonardo Da Vinci [1452 – 1519]

Stefan Bruckner

8



Kartographie



Isolinien zur Visualisierung der Kompassabweichung

Stefan Bruckner

9



Visualisierung von Windströmungen

Wege von Yu dem Großen



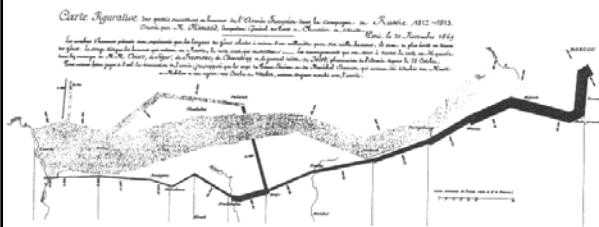
Landkarte unter Verwendung kartesischer Koordinaten (Gitter mit Längen- und Breitengraden)

Stefan Bruckner

10



Napoleons Russlandfeldzug



Linienbreite kodiert Truppenstärke

Stefan Bruckner

11



Choleraepidemie in London



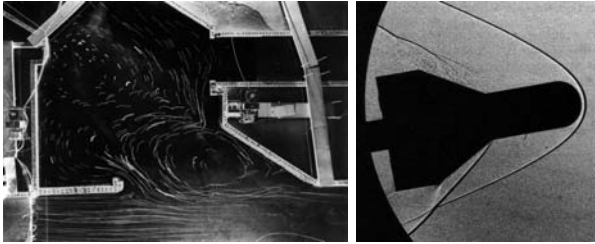
Kartographische Visualisierung des Zusammenhangs zwischen Wasserversorgung und Krankheitsfällen

Stefan Bruckner

12



Experimentelle Strömungslehre



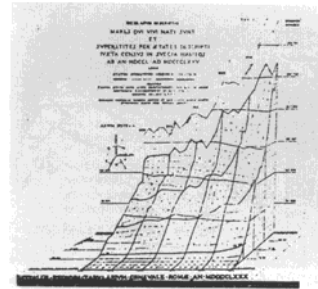
Einbringung von Partikeln zur Visualisierung der Strömung (z.B. Rauch im Windkanal oder Farbe in Flüssigkeiten)

Stefan Bruckner

13



Bevölkerungsentwicklung



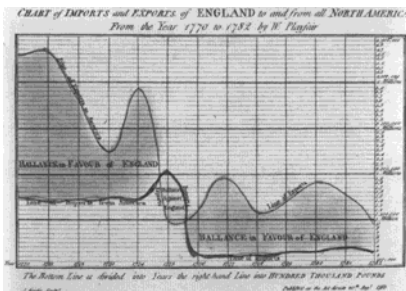
Bevölkerungszahlen Schwedens von 1750 bis 1785 (Bevölkerung als Höhe über Jahr und Altersgruppe aufgetragen)

Stefan Bruckner

14



Business Graphics



Graphische Darstellung der Importe/Exporte USA-England in den Jahren 1770 – 1782 [W. Playfair, 1785]

Stefan Bruckner

15



Icons



2D-Scatterplot in dem Daten durch Gesichtcharakteristika kodiert werden [H. Chernoff, 1973]

Stefan Bruckner

16



Visualisierung heute



- Computerunterstützte Erforschung und Analyse von grossen Datenmengen
- Meist zwingende Voraussetzungen: Interaktivität und Flexibilität
- Problematik: Effiziente Ausnutzung des visuellen Kanals
- Starker Bezug zu Computergraphik und Bildverarbeitung

Stefan Bruckner

17



Visualisierung – drei Ansätze



- Visualisierung, um ...
 - ◆ ... zu **erforschen**
 - nichts ist bekannt, Vis. dient zur neuen Erforschung der Daten
 - ◆ ... zu **analysieren**
 - es gibt Hypothesen, Vis. dient zur Bestätigung bzw. Widerlegung
 - ◆ ... zu **präsentieren**
 - "alles" über die Daten bekannt, Vis. dient zur Kommunikation von Ergebnissen

Stefan Bruckner

18



Visualisierung – drei Schwerpunkte

Drei Hauptbereiche:

- ◆ Volume Visualization
- ◆ Flow Visualization
- ◆ Information Visualization

Scientific Visualization

inherenter Raumbezug

3D

nD

meist kein Raumbezug

Stefan Bruckner 19

Teilbereiche


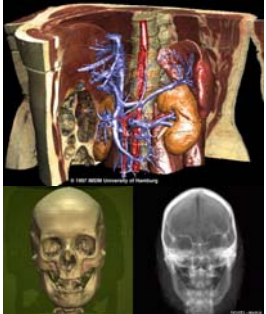
Visualisierung von ...

- ◆ ... medizinischen Daten (VolVis)
- ◆ ... Strömungsdaten (FlowVis)
- ◆ ... abstrakten Daten (InfoVis)
- ◆ ... historischen Daten (Archäologie)
- ◆ ... mikroskopischen Daten (Molekularphysik)
- ◆ ... makroskopischen Daten (Astronomie)
- ◆ ... extrem großer Datenmengen
- ◆ usw.

Stefan Bruckner 20

Volume Visualization (1)

Volumendaten

Stefan Bruckner 21

Volume Visualization (2)

Indirekte Volumensvisualisierung

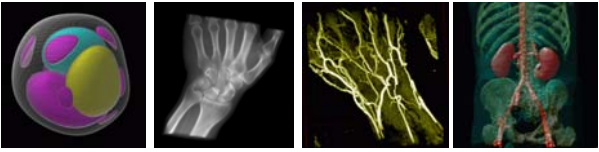
- ◆ Extraktion von Isoflächen (z.B. mit Marching Cubes)
- ◆ Schnelles Rendering, aber Pre-Processing nötig

Direkte Volumensvisualisierung

- ◆ Abtastung des Volumens und Kombination der Werte (z.B. Blending, Maximum, Summation)
- ◆ Grosse Datensätze, aufwendige Darstellungsverfahren nötig

Stefan Bruckner 22

Volume Visualization (3)



Surface Rendering

Summation (X-Ray)

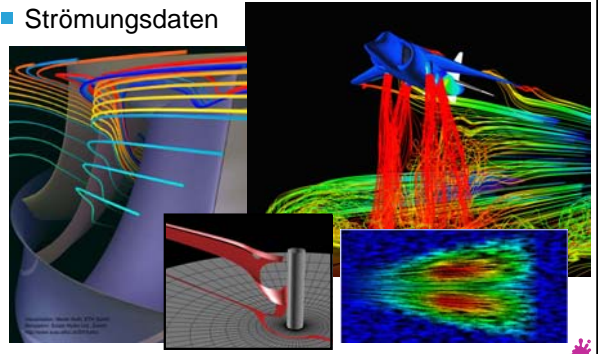
Maximum Projection

Direct Volume Rendering

Stefan Bruckner 23

Flow Visualization (1)

Strömungsdaten



Stefan Bruckner 24

Flow Visualization (2)



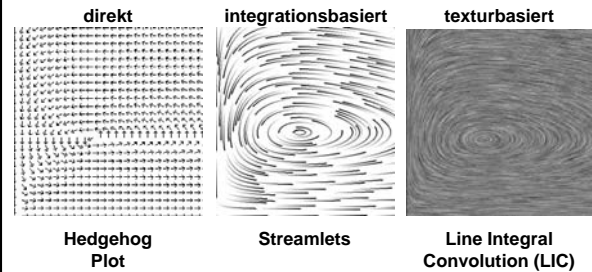
- Direkte Strömungsvisualisierung
 - ◆ Direkte Darstellung von Strömungsvektoren (z.B. Pfeile, Farbcodierung)
- Integrationsbasierte Strömungsvisualisierung
 - ◆ Strömungslinien (Strömungsverlauf über die Zeit)
- Texturbasierte Strömungsvisualisierung
 - ◆ Hochfrequente Textur entlang der Strömung „verschmieren“

Stefan Bruckner

25



Flow Visualization (3)



Stefan Bruckner

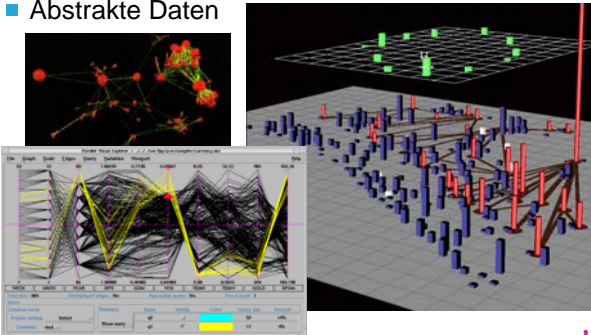
26



Information Visualization (1)



- Abstrakte Daten



Stefan Bruckner

27



Information Visualization (2)



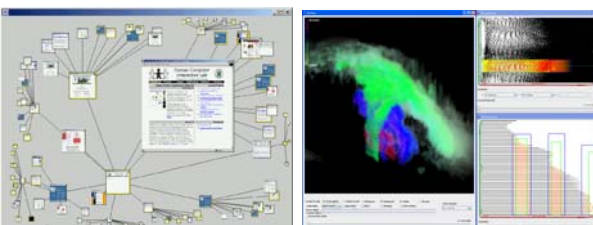
- Sinnvolle Abbildung von hochdimensionalen Daten
- Gleichzeitig Überblick und Detailinformation darstellen (Focus+Context Prinzip)
- Interaktive Verknüpfung verschiedener Ansichten (linking)
- Interaktive Auswahl von interessanten Daten (brushing)

Stefan Bruckner

28



Information Visualization (3)



Focus+Context
(Fisheye View)

Linking and
brushing

Stefan Bruckner

29



Übersicht



- Definition und Hintergrund
- Die Visualisierungspipeline
- Visualisierung am ICGA
- Lehrveranstaltungen und Praktika



Stefan Bruckner

30



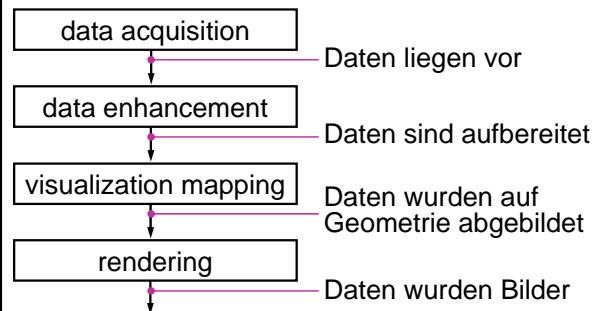
Visualisierungspipeline - Definition



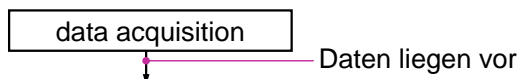
- Sequentieller Ablauf, der bei der Visualisierung von Daten durchlaufen wird
- Daten werden in jedem Schritt erzeugt, transformiert, oder ergänzt
- Strukturierung der verschiedenen Methoden und Techniken, die notwendig sind um eine Visualisierung zu erzeugen
- Visualisierung wird in einzelne – leichter bewältigbare – Subprobleme zerlegt



Visualisierungspipeline - Übersicht



Schritt 1 - Data Acquisition



- Data acquisition = Daten erheben
 - ◆ Messungen, z.B. CT/MR
 - ◆ Simulationen, z.B. Strömungssimulation
 - ◆ Modellierung, z.B. Spieltheorie



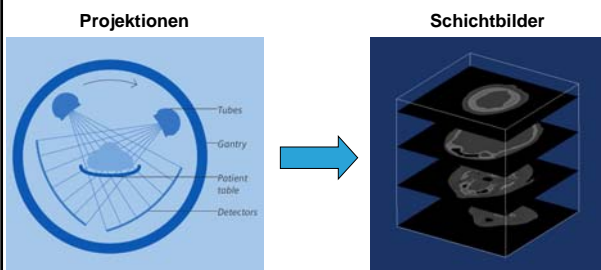
Beispiel: Computertomographie (1)



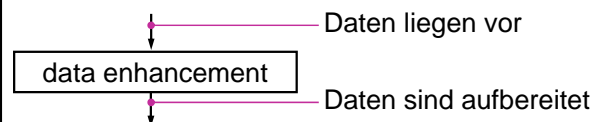
- Röntgen-Strahlenquelle rotiert schichtweise um ein Objekt
- Unterschiedliche Gewebstypen schwächen die Röntgenstrahlen verschieden stark ab
- Restintensität der Strahlen wird von Detektoren gemessen
- Projektionen (Röntgenbilder) des gescannten Objekts werden in Schichtbilder umgerechnet (gefilterte Rückprojektion)



Beispiel: Computertomographie (2)



Schritt 2 - Data Enhancement



- Data enhancement = Daten aufbereiten
 - ◆ Filtern, z.B. Glätten (Rauschunterdrückung)
 - ◆ Resampling, z.B. auf Gitter umrechnen
 - ◆ Daten ergänzen, z.B. Gradienten berechnen
 - ◆ Daten interpolieren, z.B. Iso-stack berechnen



Beispiel: Rauschentfernung (1)



- Durch den Abtastprozess enthalten die Daten oft hochfrequentes Rauschen
- Dieses kann z.B. durch Faltung mit einem entsprechenden Kernel reduziert werden
- An jedem Punkt in Volumen berechnet sich der gefilterte Wert als gewichtete Summe seiner Nachbarn

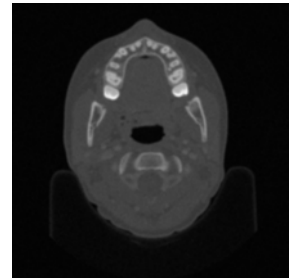
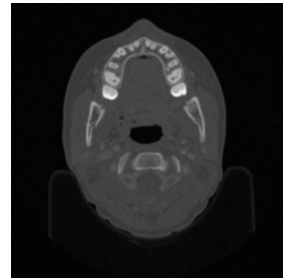


Beispiel: Rauschentfernung (2)

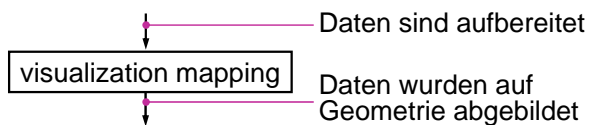


ungefiltert

gefiltert (Gauss-Kernel)



Schritt 3 - Visualization Mapping



- Visualization mapping = Daten darstellbar machen
 - ◆ Iso-Flächen berechnen
 - ◆ Glyphen, Icons berechnen
 - ◆ Graphen-Layout berechnen
 - ◆ Voxel attributieren: Farbe, Transparenz, ...



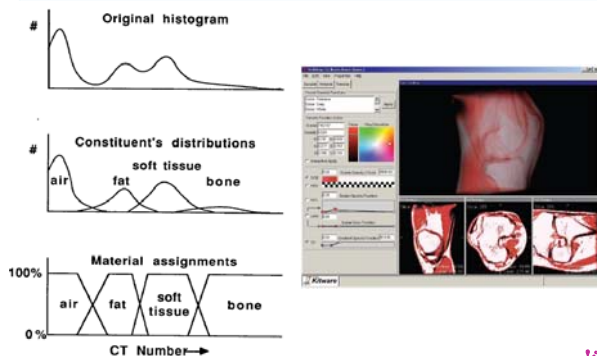
Beispiel: Transferfunktions-Spezifikation (1)



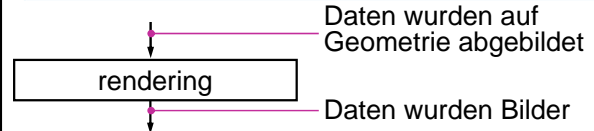
- Skalarwerte in einem CT-Datensatz entsprechen Dichtewerten des gescannten Objekts
- Dadurch können verschiedene Gewebstypen unterschieden werden (z.B. Weichteilgewebe und Knochen)
- Eine Transferfunktion ordnet jedem Skalarwert eine Farbe und eine Opazität („Undurchsichtigkeit“) zu



Beispiel: Transferfunktions-Spezifikation (2)



Schritt 4 - Rendering



- Rendering = Darstellung mit Computergraphik
 - ◆ Sichtbarkeitsberechnung
 - ◆ Beleuchtung
 - ◆ Compositing
 - ◆ Animation



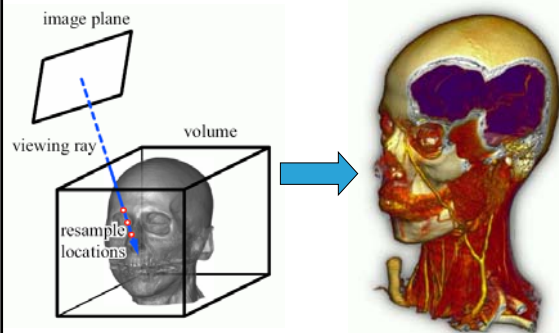
Beispiel: Volume Rendering (1)



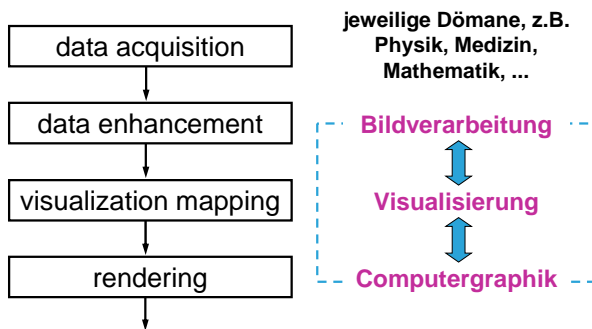
- Erlaubt die Darstellung von Oberflächen und inneren Strukturen durch Transparenz
- Beim Raycasting-Verfahren werden Sichtstrahlen durch das Volumen verfolgt
- In diskreten Intervallen entlang jedes Strahls wird das Volumen abgetastet (resampling) und Farbe/Opazität aufakkumuliert (compositing)



Beispiel: Volume Rendering (2)



Visualisierungspipeline – Disziplinen



Übersicht



- Definition und Hintergrund
- Die Visualisierungspipeline
- **Visualisierung am ICGA**
- Lehrveranstaltungen und Praktika



Visualisierung am ICGA (1)



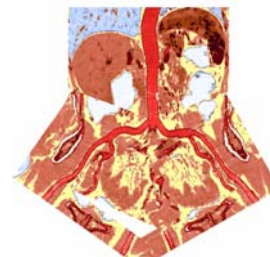
- Anwendungsorientierte Forschung
 - ◆ Firmenprojekte (Philips Medical Systems, Tiani Medgraph, ...)
 - ◆ Kooperation mit Medizinern (AKH Wien, Stanford, ...)
 - ◆ Medizinische Visualisierung im klinischen Alltag



Visualisierung am ICGA (2)



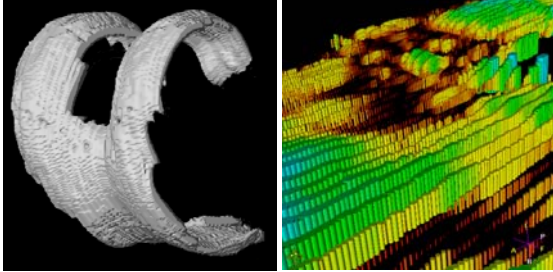
- Curved Planar Reformation (CPR) zur Diagnose von Blutgefäßerkrankungen



Visualisierung am ICGA (3)



- Visualisierung von Knorpelgewebe im Kniegelenk



Stefan Bruckner

49



Visualisierung am ICGA (4)



- Grundlagenforschung
 - ◆ Neue Visualisierungstechniken (z.B. alternative optische Modelle)
 - ◆ Verbesserte Algorithmen (Performance, Qualität)
 - ◆ Verarbeitung grosser Datenmengen (mehrere Gigabyte bis hin zu Terabyte)

Stefan Bruckner

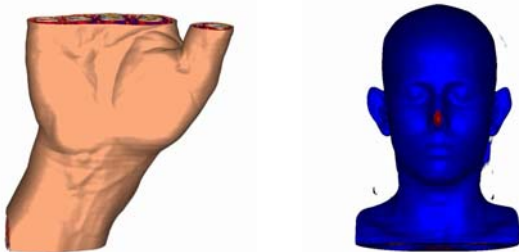
50



Visualisierung am ICGA (5)



- Volumenvisualisierung inspiriert durch traditionelle Illustrationstechniken

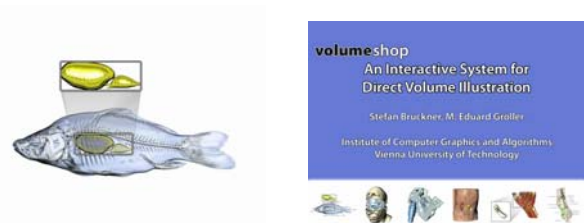


51

Visualisierung am ICGA (6)



- Interaktion und Deformation in der Visualisierung von Volumendaten



52



Übersicht



- Definition und Hintergrund
- Die Visualisierungspipeline
- Visualisierung am ICGA
- **Lehrveranstaltungen und Praktika**



Stefan Bruckner

53



Lehrveranstaltungen



- VO, LU Visualisierung – WS
 - ◆ Grundlagen zu VolVis, FlowVis, InfoVis
- VU Visualisierung medizinischer Daten 1 – SS
 - ◆ Segmentierung, Volume Rendering
- VU Visualisierung medizinischer Daten 2 – WS
 - ◆ Konkrete medizinische Anwendungen
- VO, UE Informationsvisualisierung – SS
 - ◆ Aspekte und Anwendungen der InfoVis

<http://www.cg.tuwien.ac.at/courses>

Stefan Bruckner

54



Praktika und Diplomarbeiten (1)



- Nicht-Photorealistische Beleuchtungsmodelle zur Darstellung von Volumina



<http://www.cg.tuwien.ac.at/projekte/vis>

Stefan Bruckner

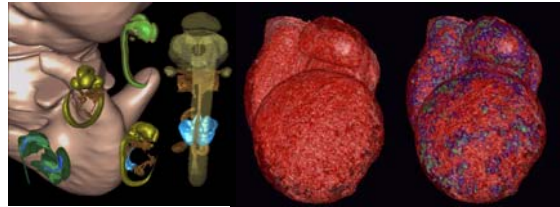
55



Praktika und Diplomarbeiten (2)



- Visualisierung von Expressionsmustern ontogenetisch wichtiger Gene und Genprodukte



<http://www.cg.tuwien.ac.at/projekte/vis>

Stefan Bruckner

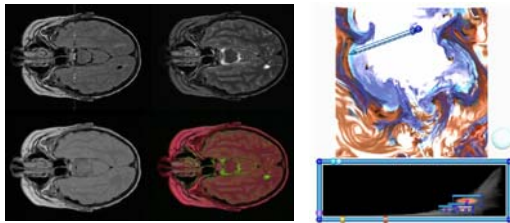
56



Praktika und Diplomarbeiten (3)



- Design von Transferfunktionen zur Darstellung multi-modaler Daten



<http://www.cg.tuwien.ac.at/projekte/vis>

Stefan Bruckner

57



Kontakt



Meister

Ivan Viola

Eduard Gröller

Alexandra La Cruz



Stefan Bruckner

Matej Mlejnek

<http://www.cg.tuwien.ac.at/research/vis>

Stefan Bruckner

58

