

Indirekte Volumenvisualisierung

Christof Rezk-Salama

Visualisierung WS 04/05, 14.12.2004

computergraphik und multimedia systeme
universität siegen 

Letzte Stunde

3D Strömungsvisualisierung

● Verfahren mit Integration

Flächenbasierte Verfahren:

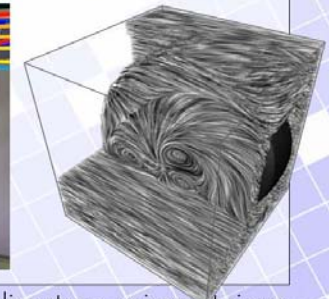
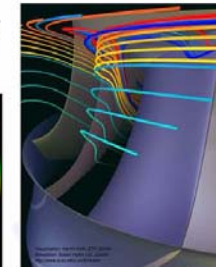
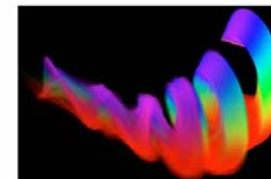
3D: Stream Surfaces mit Texturen,

Time Surfaces:



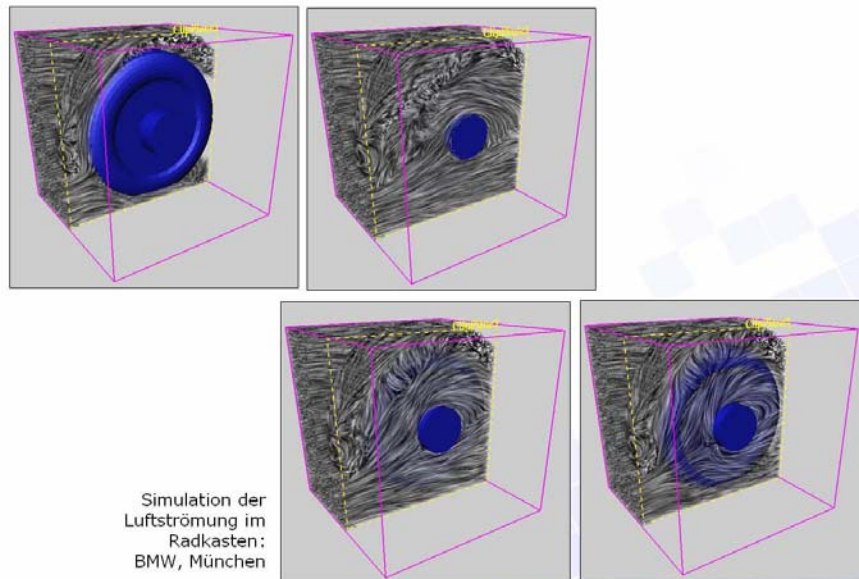
Volumenbasierte Verfahren:

3D: Volume Flow



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Volumenvisualisierung



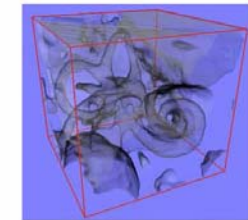
Simulation der
Luftströmung im
Radkasten:
BMW, München

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Anwendungen

Woher stammen Volumendaten?

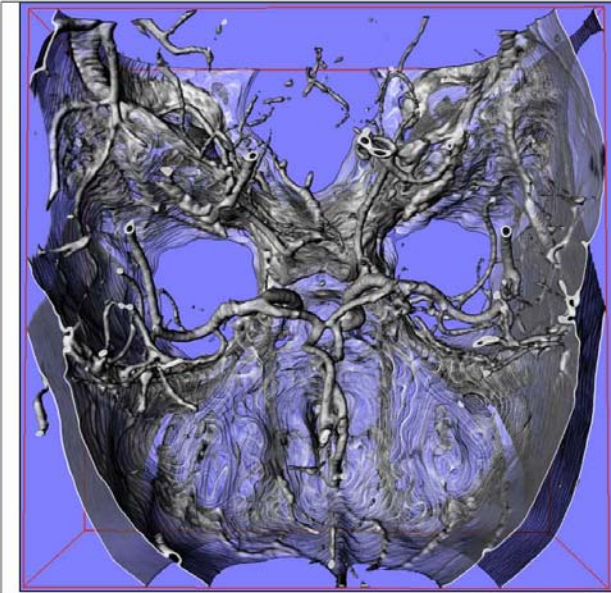
- Medizinische Bildgebung zur Diagnose und Therapieplanung



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Anwendungen: Medizin

5



CT Human Head:
Visible Human Project,
US National Library of
Medicine, Maryland,
USA

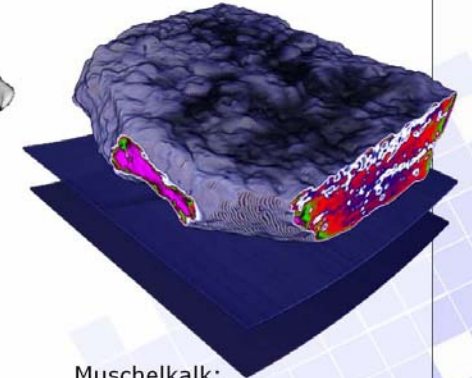
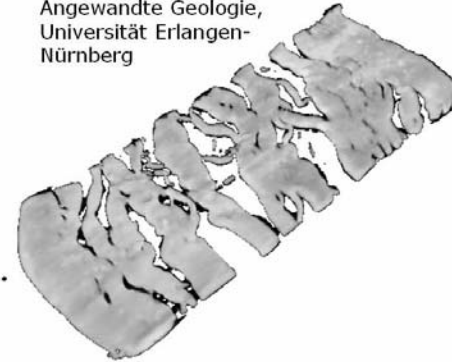
CT Angiographie:
Abt. f. Neuroradiologie
Uni-Klinik, Erlangen

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Anwendungen: Geologie

6

Deformiertes Plastilinmodell,
Angewandte Geologie,
Universität Erlangen-
Nürnberg



Muschelkalk:
Paläontologie,
Arbeitskreis Virtual
Reality, Erlangen

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Anwendungen:

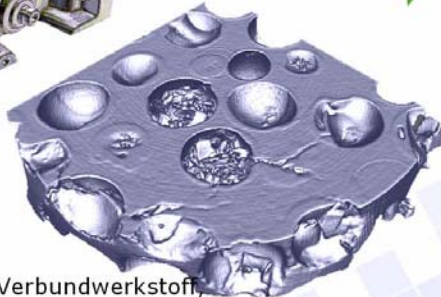
8

Werkstoffwissenschaften
Qualitätssicherung

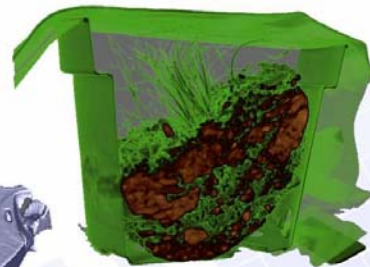
Biologie



Engine Block,
General Electric



Micro CT Verbundwerkstoff,
Werkstoffwissenschaften
Universität Erlangen-Nürnberg



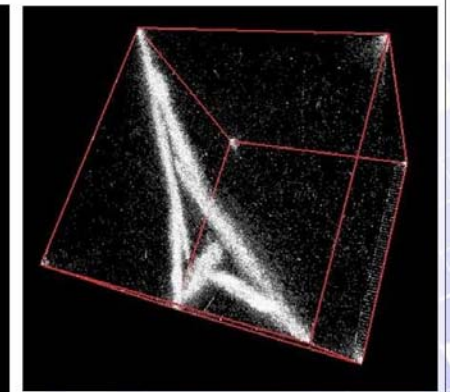
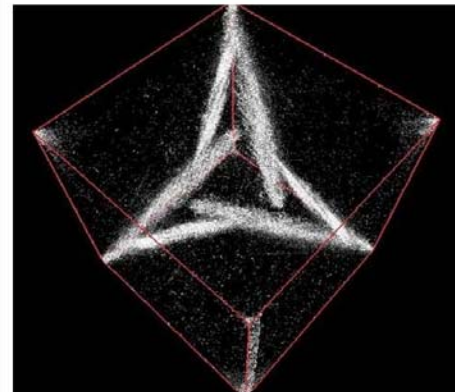
Biologische Bodenprobe, CT,
Arbeitskreis Virtual Reality,
Universität Erlangen-Nürnberg

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Anwendungen: Informatik

9

● Entropie-Visualisierung für Zufallszahlen



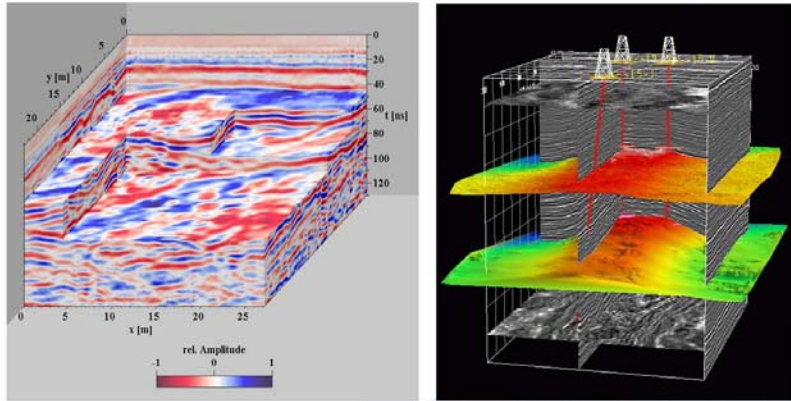
Entropie von Zufallszahlen-Generatoren,
Dan Kaminsky, Doxpara Research, USA,
www.doxpara.com

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Anwendungen

10

- Geoseismische Daten
- Erdölindustrie



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

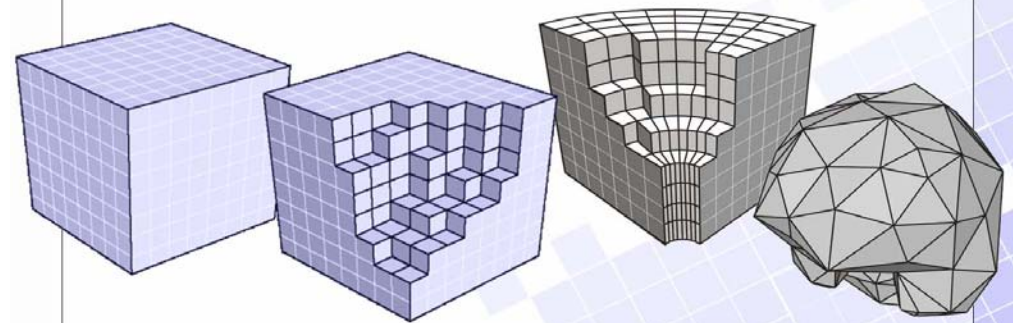
3D Skalarfelder

11

Input Daten: Kontinuierliches 3D Skalarfeld:

$$s = f(x, y, z); \quad x, y, z \in \mathbb{R}$$

abgetastet auf diskretem Gitter.



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Überblick

12

Volumenvisualisierung

● Indirekte Verfahren

Bestimme Oberflächen innerhalb des Skalarfeldes und stelle diese dar.

● Direkte Verfahren

Interpretiere das Skalarfeld als transparentes Medium und verwende physikalisch basierte Strahlungsberechnung.

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Isoflächen

13

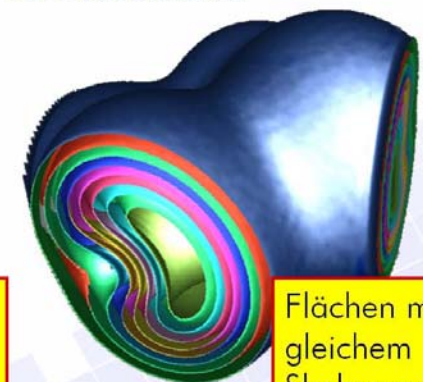
- Analog zu Isolinien:
Regionen mit gleichem Skalarwert

2D: *Isolinien*

3D: *Isoflächen*



Linien mit
gleichem
Skalarwert



Flächen mit
gleichem
Skalarwert

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Isoflächenbestimmung

15

Vorgehensweise

Wähle einen Isowert

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Isoflächenbestimmung

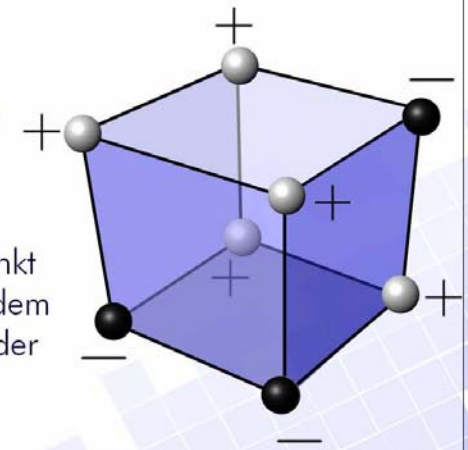
15

Vorgehensweise

Wähle einen Isowert

Betrachte Zellen, die aus je 8 Datenpunkten bestehen (Cubes)

Klassifiziere jeden Datenpunkt mit „+“ oder „-“, je nachdem ob der Datenwert größer oder kleiner als der Isowert ist.



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Isoflächenbestimmung

15

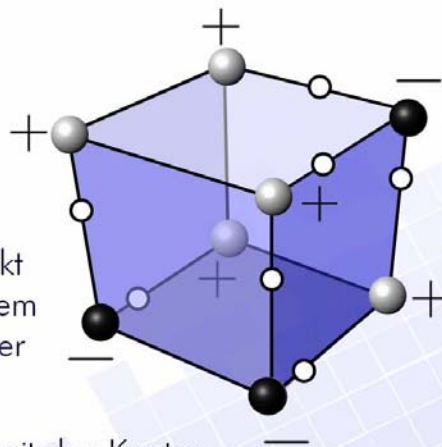
Vorgehensweise

Wähle einen Isowert

Betrachte Zellen, die aus je 8 Datenpunkten bestehen (Cubes)

Klassifiziere jeden Datenpunkt mit „+“ oder „-“, je nachdem ob der Datenwert größer oder kleiner als der Isowert ist.

Berechne die Schnittpunkte mit den Kanten



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Isoflächenbestimmung

15

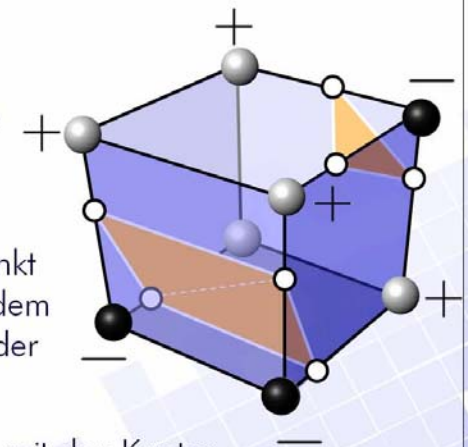
Vorgehensweise

Wähle einen Isowert

Betrachte Zellen, die aus je 8 Datenpunkten bestehen (Cubes)

Klassifiziere jeden Datenpunkt mit „+“ oder „-“, je nachdem ob der Datenwert größer oder kleiner als der Isowert ist.

Berechne die Schnittpunkte mit den Kanten
Bestimme eine Triangulierung



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Isoflächenbestimmung

● Marching Cubes -Algorithmus

nach Bill Lorensen und Harvey Cline

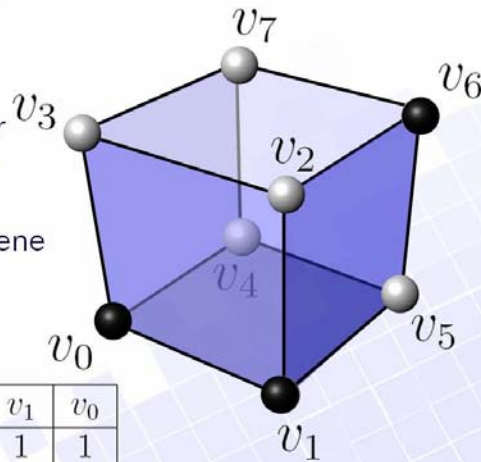
Die Zelle hat 8 Vertices

Jeder Vertex kann „+“ oder „-“ sein (2 Möglichkeiten)

Es gibt $2^8 = 256$ verschiedene Möglichkeiten.

Erstelle eine Tabelle

v_7	v_6	v_5	v_4	v_3	v_2	v_1	v_0
0	1	0	0	0	0	1	1



Isoflächenbestimmung

● Marching Cubes -Algorithmus

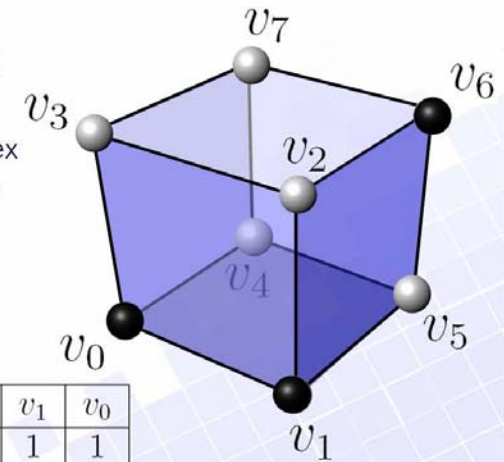
nach Bill Lorensen und Harvey Cline

Jede Zellkonfiguration hat einen bestimmten Index.

Zu einem bestimmten Index kann die *Triangulierung* in der Tabelle nachgeschaut werden.

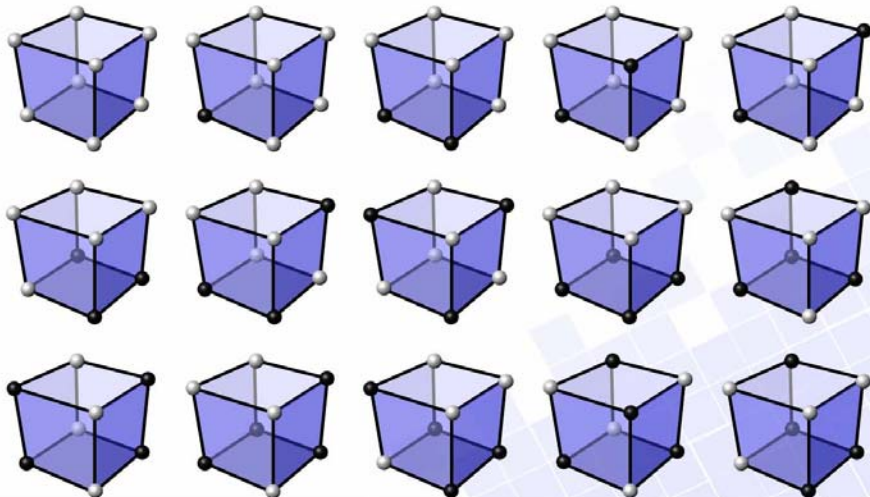
Erstelle eine Tabelle

v_7	v_6	v_5	v_4	v_3	v_2	v_1	v_0
0	1	0	0	0	0	1	1



Marching Cubes

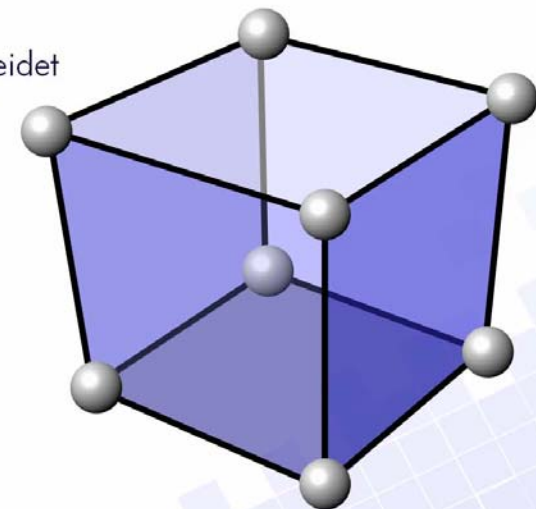
● 15 mögliche Fälle (Symmetrie, Rotation)



Marching Cubes

Fall 0

Isofläche schneidet die Zelle nicht



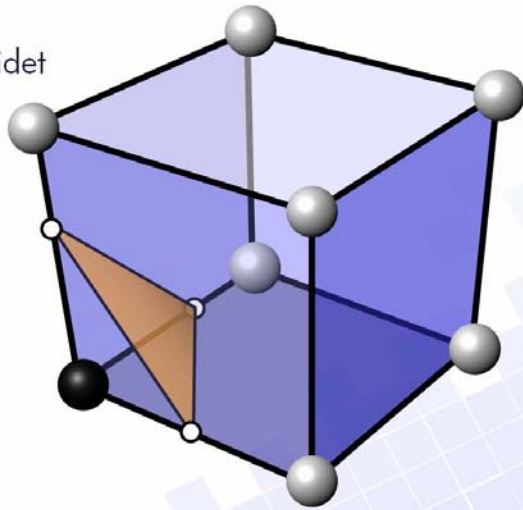
Marching Cubes

18

Fall 1

Isofläche schneidet
3 Kanten der
Zelle

Füge 1 Dreieck
ein.



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

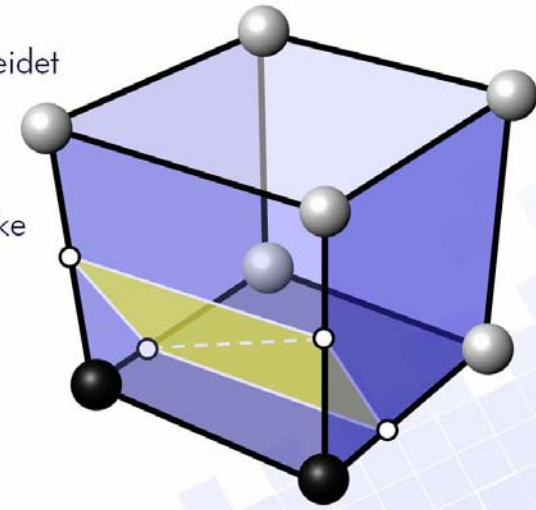
Marching Cubes

19

Fall 2

Isofläche schneidet
4 Kanten der
Zelle

Füge 2 Dreiecke
ein.



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

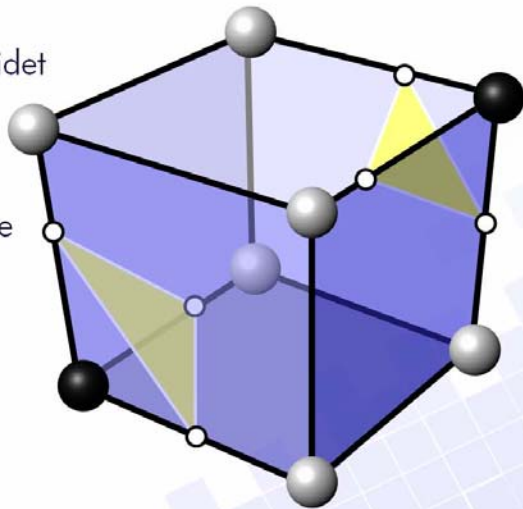
Marching Cubes

20

Fall 4

Isofläche schneidet
6 Kanten der
Zelle

Füge 2 Dreiecke
ein.



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

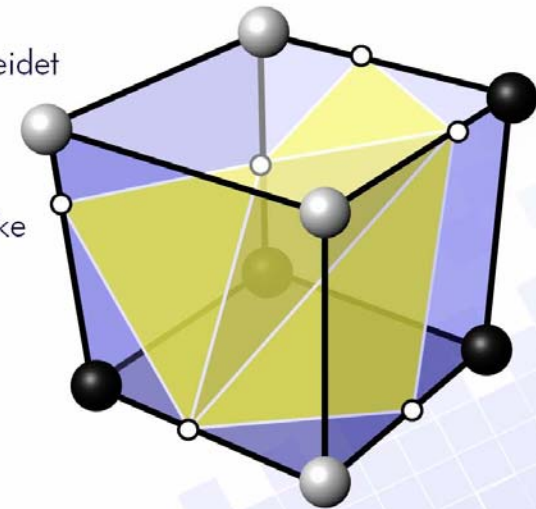
Marching Cubes

21

Fall 11

Isofläche schneidet
6 Kanten der
Zelle

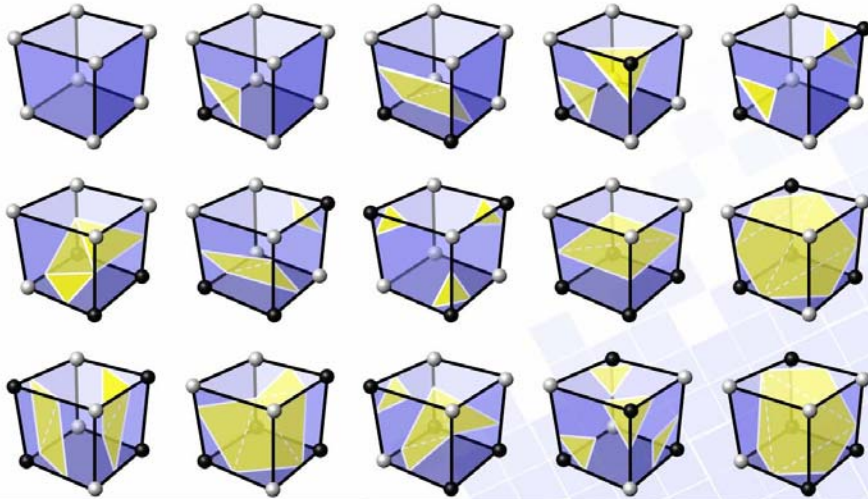
Füge 4 Dreiecke
ein.



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

● Triangulierung nach *Lorensen & Cline*



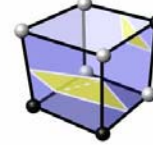
christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

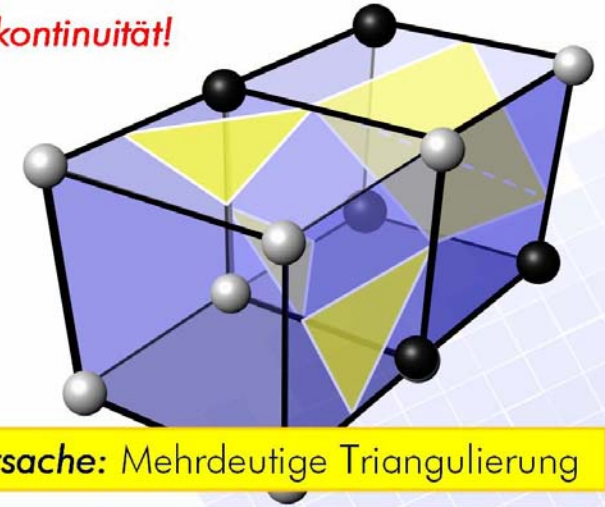
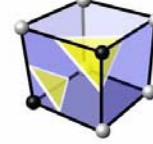
● Triangulierung nach *Lorensen & Cline*

Fall 6:

Diskontinuität!



Fall 3:

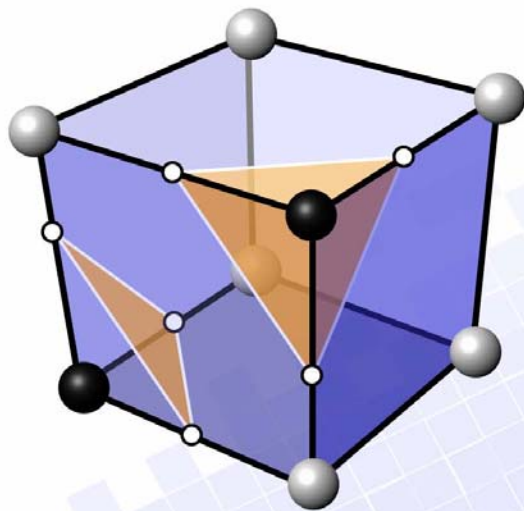


Ursache: Mehrdeutige Triangulierung

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Mehrdeutigkeiten

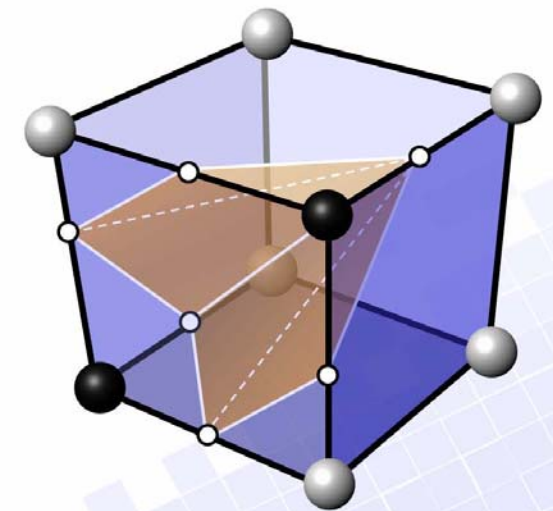
Fall 3



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Mehrdeutigkeiten

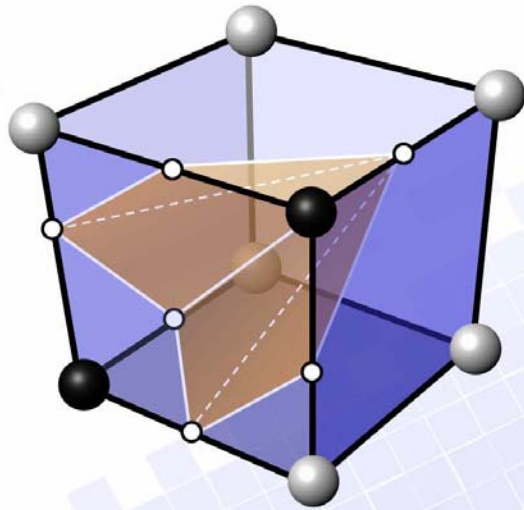
Fall 3



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Mehrdeutigkeiten

Fall 3
 Mehrdeutigkeit
 der Triangulierung!

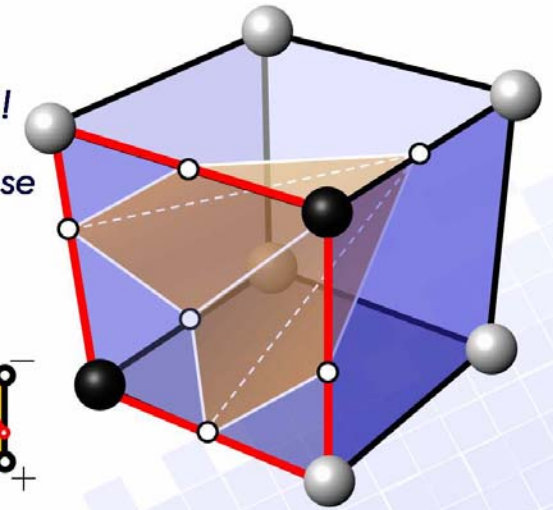
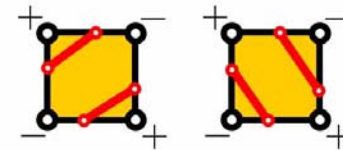


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Mehrdeutigkeiten

Fall 3
 Mehrdeutigkeit
 der Triangulierung!

Wie kann man diese
 Mehrdeutigkeit
 auflösen?

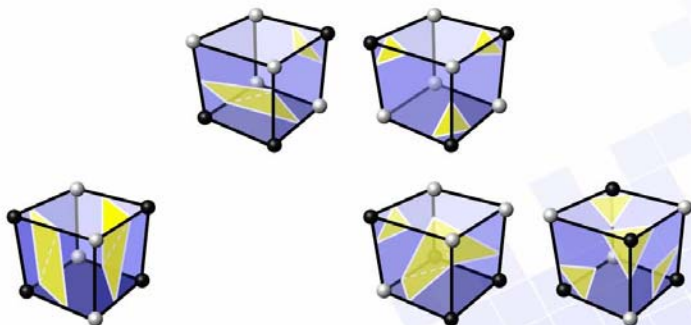
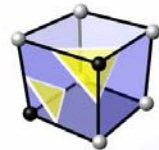


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

● Triangulierung nach *Lorensen & Cline*

Mehrdeutige
 Triangulierungen



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

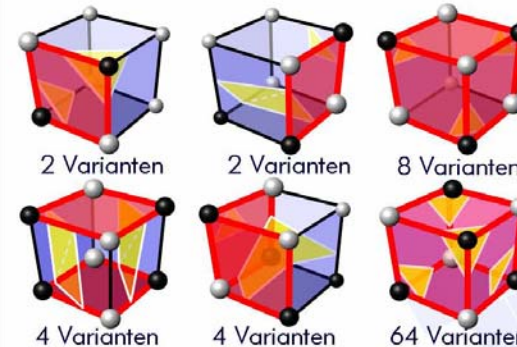
Marching Cubes

● Triangulierung nach *Lorensen & Cline*

Mehrdeutige
 Triangulierungen

Mehrdeutige Flächen:
 Flächen, bei denen
 jede Kante durch die
 Isofläche geschnitten
 wird.

Die Anzahl der mehr-
 deutigen Flächen
 einer Zelle bestimmt
 die Anzahl der
 möglichen Triangu-
 lierungs-Varianten

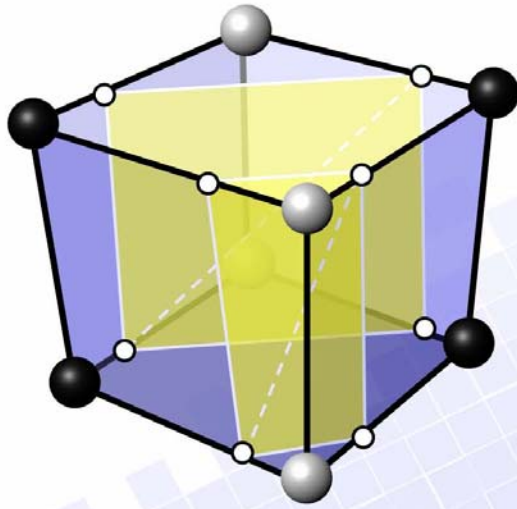


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

27

Beispiel: Fall 10
mit Mehrdeutigkeit

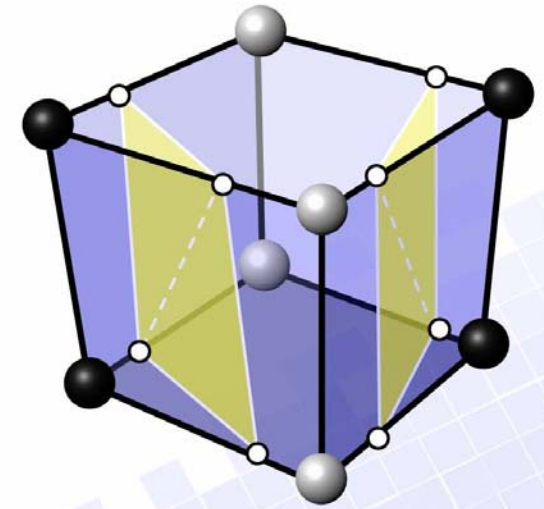
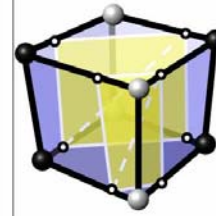


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

27

Beispiel: Fall 10
mit Mehrdeutigkeit

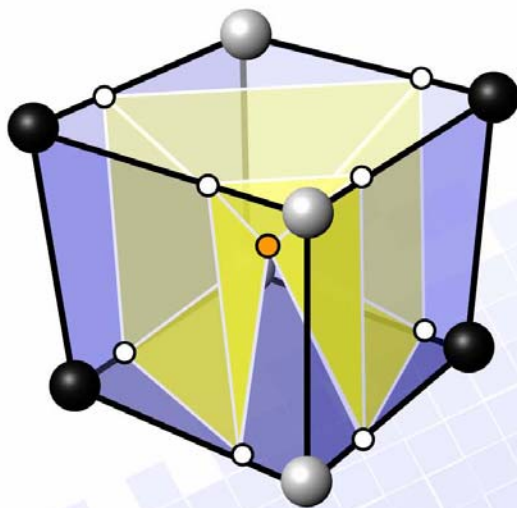
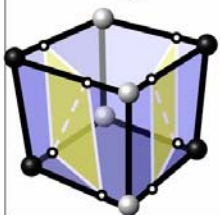
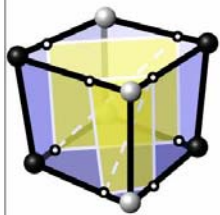


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

28

Beispiel: Fall 10
mit Mehrdeutigkeit

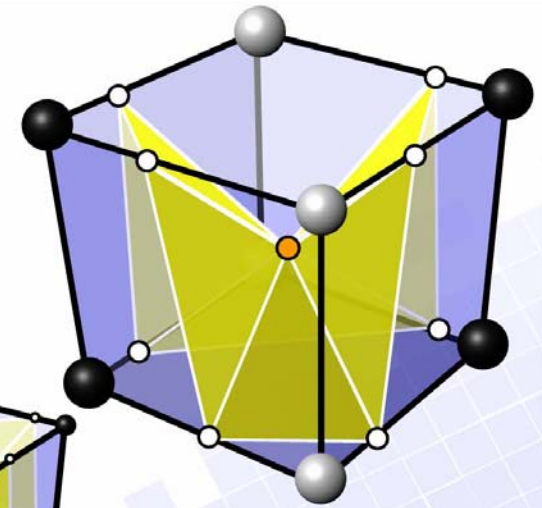
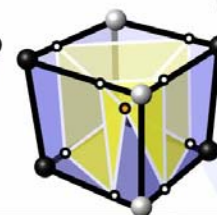
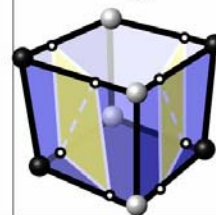
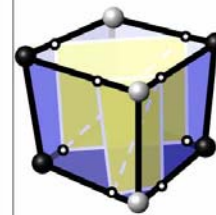


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

29

Beispiel: Fall 10
mit Mehrdeutigkeit



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

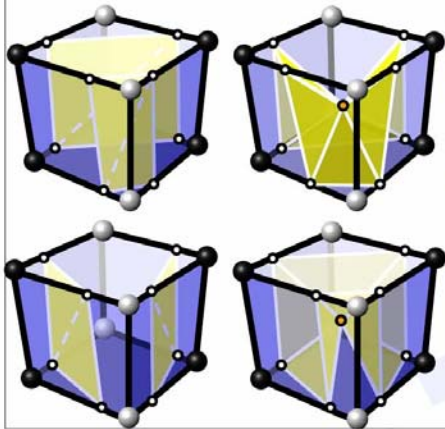
Beispiel: Fall 10
mit Mehrdeutigkeit

Allgemeine Vorgehensweise:

Betrachte mehrdeutige Flächen

Verwende **2D Decider** zur Entscheidung der Schnittkanten

Tesselliere (Trianguliere) die entstehende(n) Randkurve(n) (Füge dazu evtl. zusätzliche Vertices ein.)

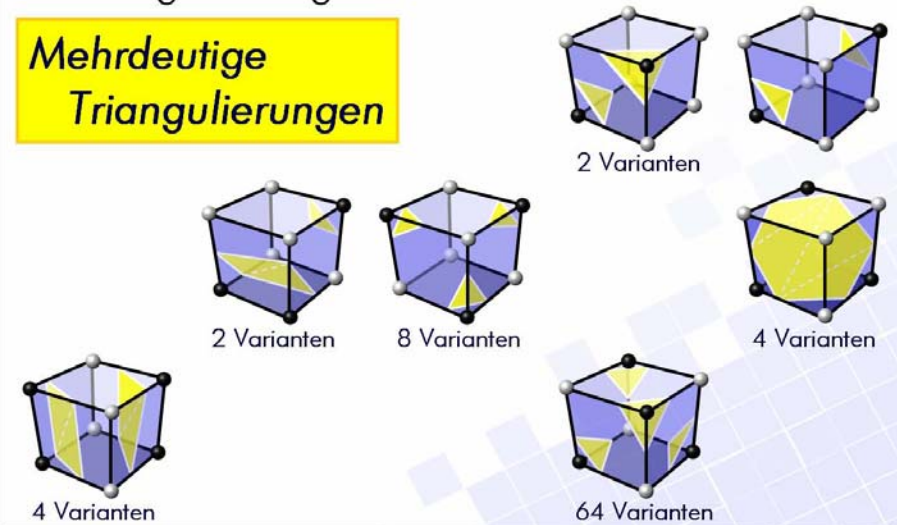


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

● Triangulierung nach **Lorensen & Cline**

Mehrdeutige Triangulierungen



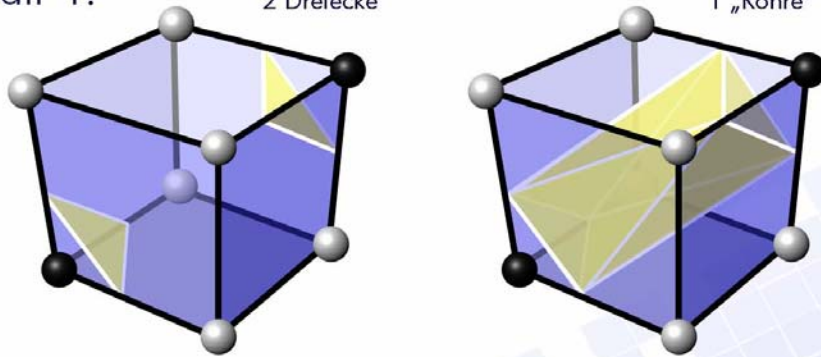
christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

Fall 4:

2 Dreiecke

1 „Röhre“



In diesem Fall liegt eine **Mehrdeutigkeit der Zelle** vor, keine Mehrdeutigkeit der Fläche.

Es entsteht hier keine **Diskontinuität der Gesamtfläche**.

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

Für jede Zelle: Bestimme den Index der Zelle
(aus den Vorzeichen „+“ und „-“ der Vertices)

Eindeutige Zelle

Die Tabelle enthält direkt eine Liste der Kanten/Dreiecke für die Triangulierung der Zelle.

Mehrdeutige Zelle

Die Tabelle enthält eine Liste mehrdeutiger Flächen.

Für diese Flächen werden Entscheidungen für die Kanten getroffen.
(Midpoint/Asymptotic Decider)

Bestimme Sub-Index.

Beispiel: 2 Mehrdeutige Flächen:
00: Mitte negativ in beiden Flächen
10: Mitte positiv in erster Fläche
01: Mitte positiv in zweiter Fläche
11: Mitte positiv in beiden Flächen

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

33

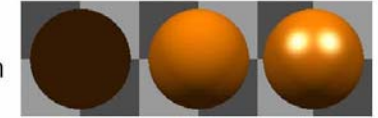
Für jede Zelle: Bestimme den Index der Zelle (aus den Vorzeichen „+“ und „-“ der Vertices)	
Eindeutige Zelle	Mehrdeutige Zelle
Die Tabelle enthält direkt eine Liste der Kanten/Dreiecke für die Triangulierung der Zelle.	Die Tabelle enthält eine Liste mehrdeutiger Flächen.
	Für diese Flächen werden Entscheidungen für die Kanten getroffen. (Midpoint/Asymptotic Decider)
	Bestimme Sub-Index.
	Eine Sub-Tabelle enthält die Kanten/Dreiecke für die einzelnen Varianten.

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

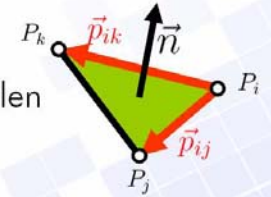
34

Ergänzungen:



Die extrahierten Oberflächen sollen später *beleuchtet* dargestellt werden. Dazu werden die *Normalenvektoren* der Oberfläche benötigt.

Methode 1: Bestimme zuerst die *Isofläche* und berechne anschließend die Normalen des entstandenen Dreiecksnetzes (*per Face oder per Vertex*)



Methode 2 (genauer): Berechne während der Generierung der *Isofläche* für jeden Vertex den *Gradientenvektor* des *Skalarfeldes*. (Zentr. Differenzen + Interpolation)

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Cubes

35

Schwachpunkte bei Marching Cubes:

- Es entstehen sehr viele kleine Dreiecke.
- Relativ lange Berechnungszeiten.

30–70 % der Rechenzeit wird bei der Bearbeitung von *leeren Zellen* benötigt.

Beschleunigungsverfahren:

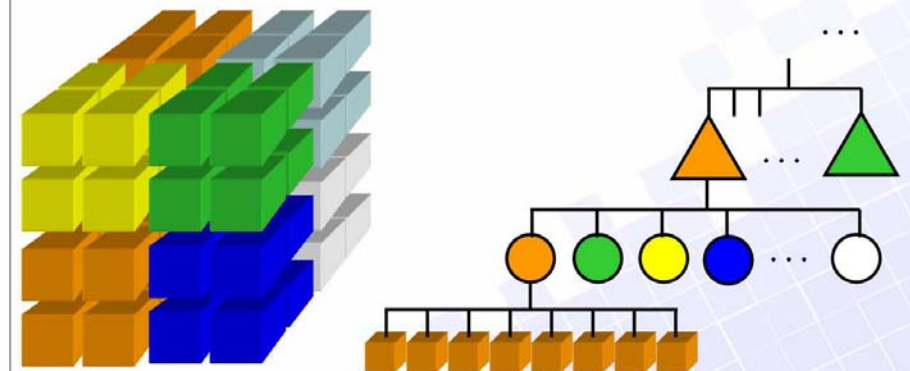
Techniken, die es erlauben, große Bereiche im Skalarfeld, die von der Isofläche nicht geschnitten werden, gleich zu überspringen.

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Beschleunigung

36

- Idee:** Verwende eine Baum-Hierarchie (Octree),
Fasse 8 Zellen zu einem Block zusammen
Fasse 8 Blöcke zu einem neuen Block zusammen



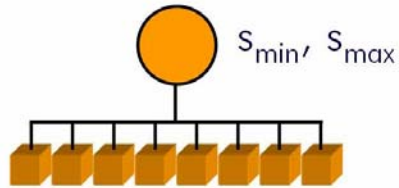
christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Octree-Verfahren

Beschleunigte Isoflächenberechnung:

Vorbereitung

Speichere in jedem Knoten den *minimalen* und *maximalen* Skalarwert seiner Kinder.



Isoflächenbestimmung

Traversiere den Baum (top-down) für einen bestimmten Isowert s .

Knoten mit $s < s_{min}$ oder $s > s_{max}$ können sofort übersprungen werden.

Octree-Verfahren

Problematik: keine sequentielle Abarbeitung der Zellen mehr.

Wiederverwendbarkeit der berechneten Schnittpunkte (Position und Gradient)

Bei sequentieller Abarbeitung ist das kein Problem:



Bei sequentieller Reihenfolge, weiß ich genau wann eine bestimmte Zelle bearbeitet wird.

Bei jedem Schnittpunkt, den ich berechne, weiß ich sofort ob und wann er wieder gebraucht wird.

Bei Abarbeitung in beliebiger Reihenfolge müssen alle Schnittpunkte gespeichert werden.



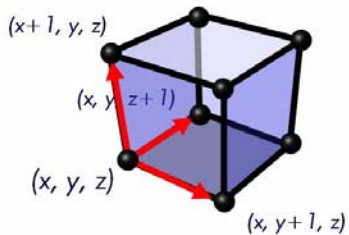
Hashing-Tabelle

Beispiel einer Hashing Tabelle für Kantenschnittpunkte.

Datenpunkte werden in einem linearen Array gespeichert.

Schlüssel einer Kante:

Die Kante geht von einem Punkt (x, y, z) in eine der positiven Koordinatenrichtungen



offset: Index des Datenpunkts (x, y, z)

direction-code: 1 für x, 2 für y, 3 für z

$$\text{edge_key} = 4 * \text{offset} + \text{direction_code}$$

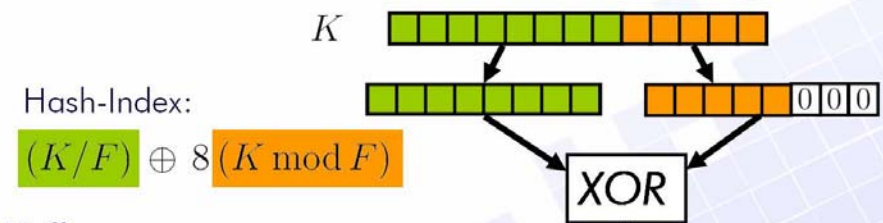
Hashing-Tabelle

Beispiel einer Hashing-Funktion:

Größe der Hashing-Tabelle für ein Volumen der Größe N :

$$F = 8 \cdot \sqrt{N}$$

Für die Schlüssel K der Kanten gilt: $K < 8 F^2$



Kollision:

Rehashing mit $(\text{hash_index}+1)$ hash_index

Marching Tetrahedra

41

● Gleicher Ansatz für Tetraeder statt Hexaeder

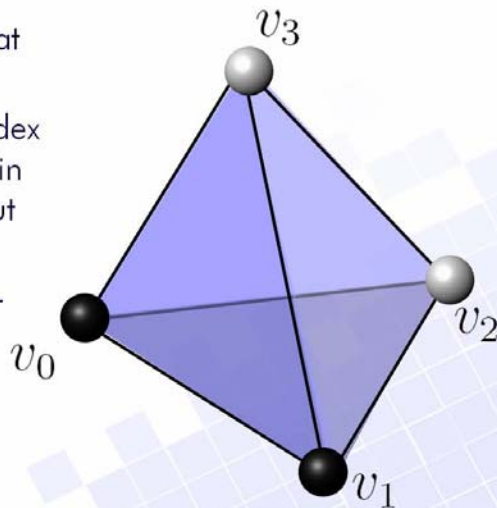
Jede Zellkonfiguration hat einen bestimmten Index.

Zu einem bestimmten Index kann die *Triangulierung* in der Tabelle nachgeschaut werden.

Es gibt $2^4 = 16$ verschiedene Möglichkeiten.

Erstelle eine Tabelle

v_3	v_2	v_1	v_0
0	0	1	1

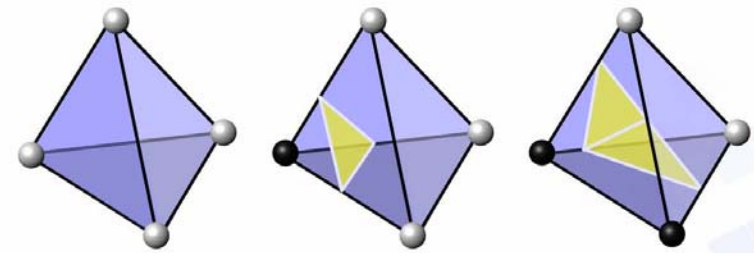


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Marching Tetrahedra

42

● 3 mögliche Fälle (Symmetrie, Rotation)



- keine mehrdeutigkeiten Flächen
- keine mehrdeutigen Zellen

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Literatur

43

● **Marching Cubes:**

W. Lorensen and H. Cline.

Marching Cubes: A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm.

Computer Graphics, 21(4):163-169, July 1987.

A. van Gelder and J. Wilhelms.

Topological Considerations in Isosurface Generation.

ACM Transactions on Graphics, 13(4):337-375, October 1994.

J. Wilhelms and A. van Gelder.

Octrees for Faster Isosurface Generation.

ACM Transactions on Graphics, 11(3): 201-227, July 1992

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Literatur

44

● **Weiterführende Literatur:**

K. Engel, R. Westermann, T. Ertl.

Isosurface Extraction Techniques for Web-Based Volume Visualization.

Proc. IEEE Visualization 1999

C. Montani, R. Scateni, R. Scopigno.

Discretized Marching Cubes.

Proc. IEEE Visualization 1994

R. Shekhar, E. Fayyad, R. Yagel, F. Cornhill.

Octree-Based Decimation of Marching Cubes Surfaces.

Proc. IEEE Visualization 1996

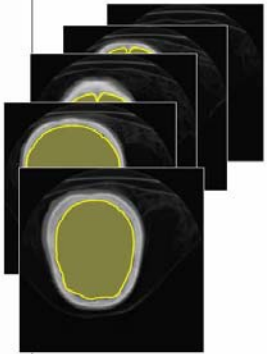
christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Oberflächenrekonstruktion

45

In vielen Anwendungsfällen soll aus dem Volumendatensatz eine Oberfläche extrahiert werden, die *keine Isofläche* ist.

● **Konturbasierte Segmentierung:**



Ein bestimmtes im Datensatz enthaltenes Objekt (z.B. das Gehirn) soll dargestellt werden.

Ein Segmentierungsverfahren liefert für jedes Schichtbild die Kontur des Objekts.

Aus diesen Konturlinien soll die Oberfläche des Objekts rekonstruiert werden.

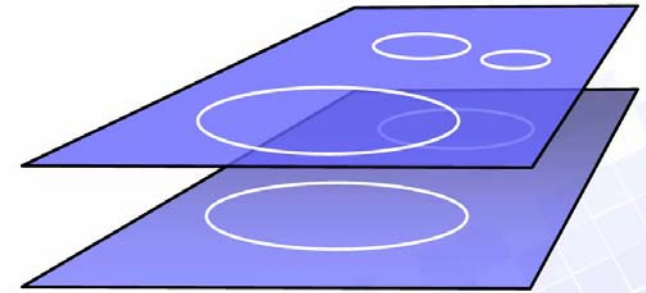
christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Oberflächenrekonstruktion

46

● **Surface from Contours:**

3 verschiedene Probleme zu sind zu lösen:



1. Korrespondenz: Welche Konturen in einer Schicht gehören zu welchen Konturen in der nächsten Schicht?

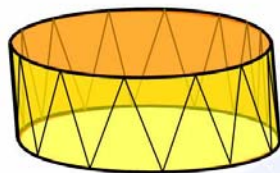
christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Oberflächenrekonstruktion

47

● **Surface from Contours:**

3 verschiedene Probleme zu sind zu lösen:



Wenn zwei korrespondierende Konturen gefunden wurden:

2. Tiling: Wie konstruiere ich die Mantelfläche zwischen den Konturen?

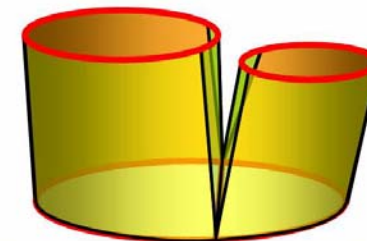
christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Oberflächenrekonstruktion

48

● **Surface from Contours:**

3 verschiedene Probleme zu sind zu lösen:



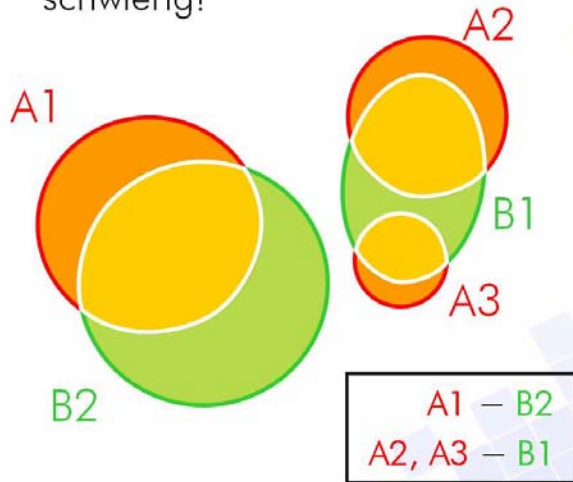
Wenn eine Kontur zwei Konturen in der nächsten Schicht entspricht:

3. Branching: Wie konstruiere ich die Mantelfläche im Falle einer Verzweigung?

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Korrespondenz

- Automatische Lösung des Problems ist sehr schwierig!



Einfache Methode:

- Überlagere die Konturen aus beiden Schichten und bestimme die Überlappungen.
- Überlappende Kurven werden miteinander verbunden (im Tiling-Schritt)

Korrespondenz

- Reale Probleme sind schwieriger und sehr stark abhängig von der Auflösung der Daten.

Problematik:



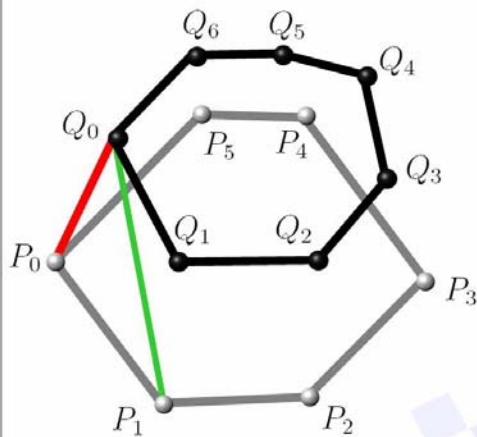
keine Überlappung

unerwünschte Überlappung

- Unterschiedliche Lösungsansätze in der Literatur
- Oft auch mit Benutzerinteraktion

Tiling

- Finde die Triangulierung der Mantelfläche, die die Summe der Kantenlängen minimiert.

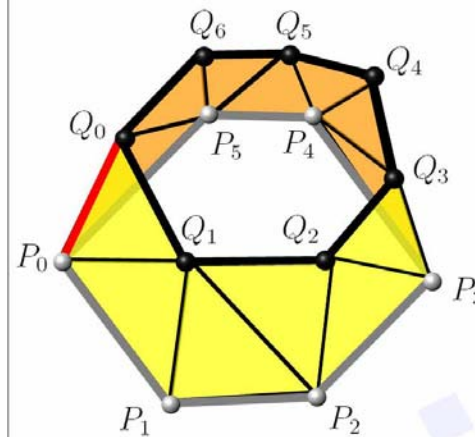


Graphensuche

	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₀
P ₀	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₁	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₂	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₃	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₄	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₅	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₀	●	●	●	●	●	●	●	●

Tiling

- Finde die Triangulierung der Mantelfläche, die die Summe der Kantenlängen minimiert.



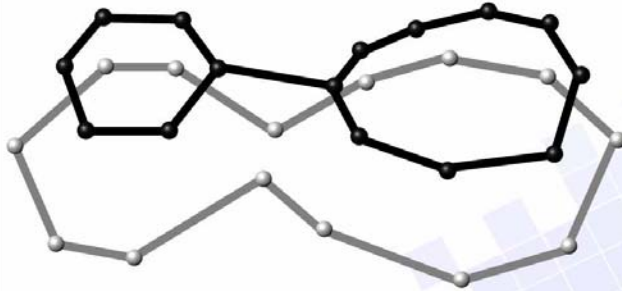
Graphensuche

	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₀
P ₀	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₁	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₂	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₃	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₄	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₅	●	●	●	●	●	●	●	●
P ₀	●	●	●	●	●	●	●	●

Branching

● Wie konstruiere ich die Mantelfläche bei Verzweigungen?

Einfache Methode:
Verbinde die getrennten Konturen durch eine „virtuelle“ Verbindungs-kante (Verdoppelung der Vertices)

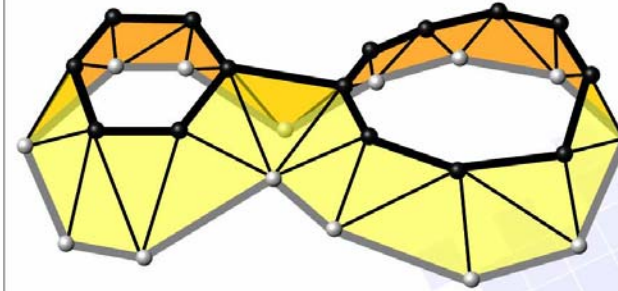


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Branching

● Wie konstruiere ich die Mantelfläche bei Verzweigungen?

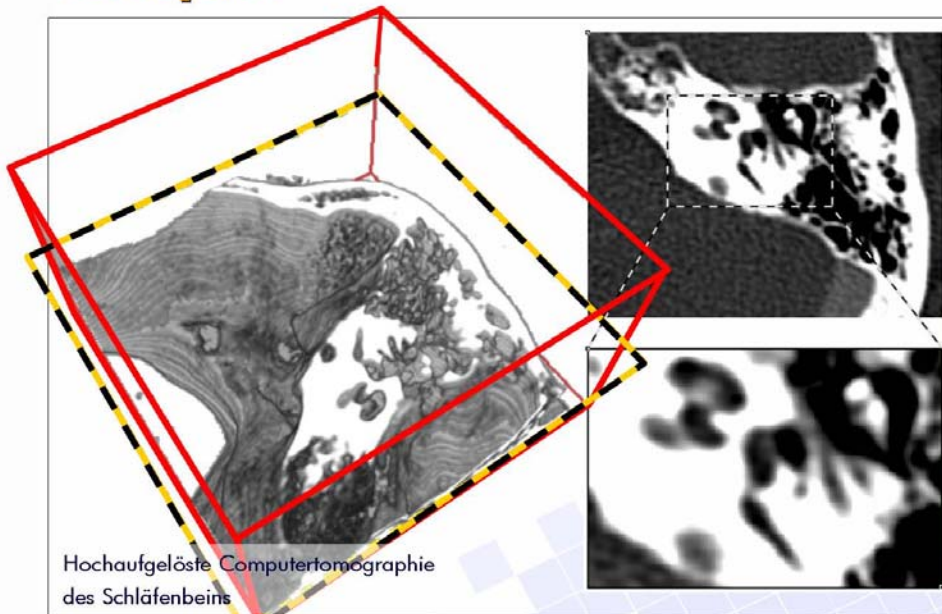
Einfache Methode:
Verbinde die getrennten Konturen durch eine „virtuelle“ Verbindungs-kante (Verdoppelung der Vertices)



Führe Tiling auf der erweiterten Kontur durch

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

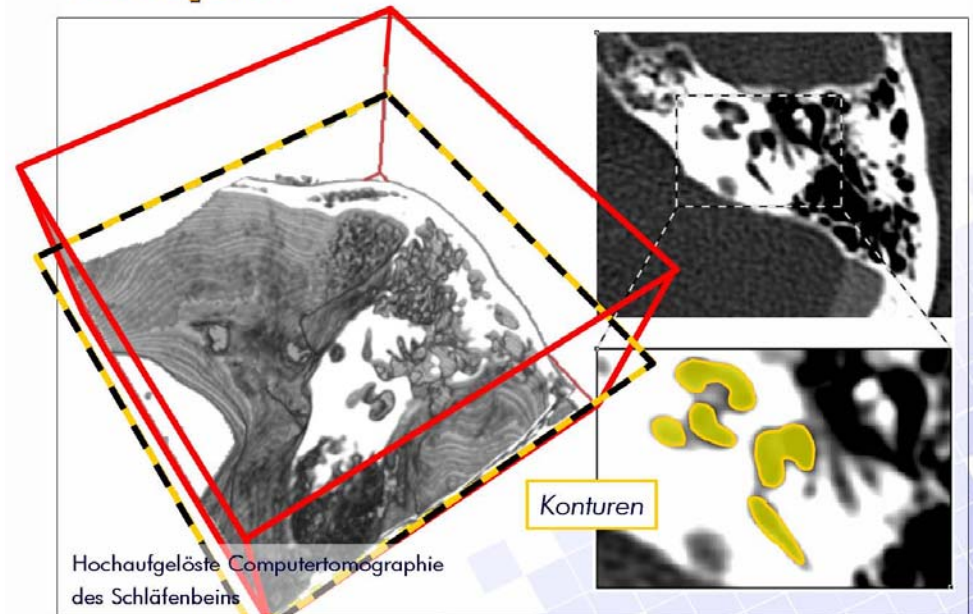
Beispiel



Hochaufgelöste Computertomographie des Schläfenbeins

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Beispiel

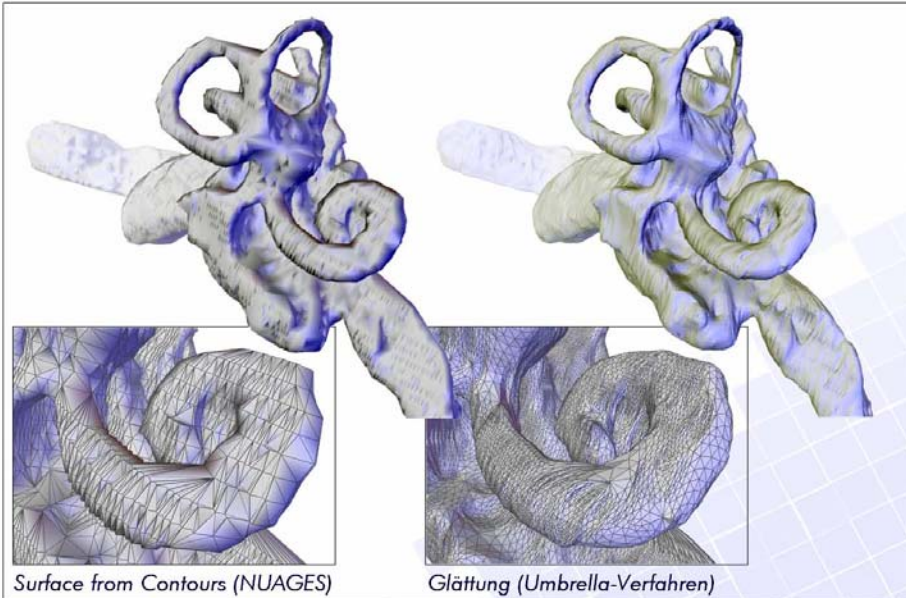


Hochaufgelöste Computertomographie des Schläfenbeins

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Beispiel:

54



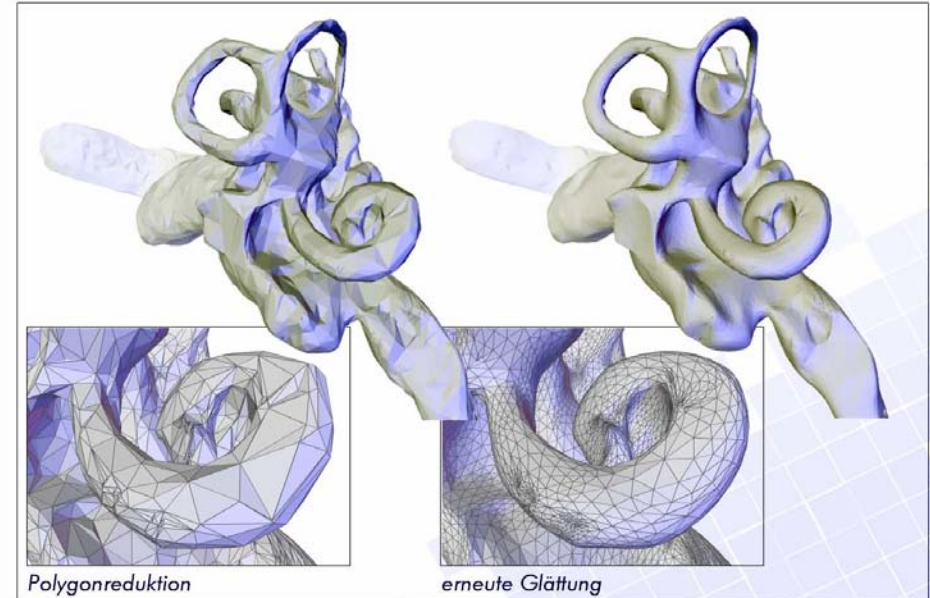
Surface from Contours (NUAGES)

Glättung (Umbrella-Verfahren)

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Beispiel:

55



Polygonreduktion

erneute Glättung

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Literatur

56

● Oberflächenrekonstruktion aus Kontur:

D. Meyers and S. Skinner.

Surface from Contours.

ACM Transactions on Graphics, Vol.11, No.3, July 1992, pp 201-227

Bernhard Geiger and J. Boissonat

Three dimensional reconstruction of complex shapes based on the Delaunay triangulation

Technical Report 1607, INRIA, France, 1992

Rekonstruktions-Software NUAGES:

<http://www-sop.inria.fr/prisme/logiciel/nuages.html.en>

christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

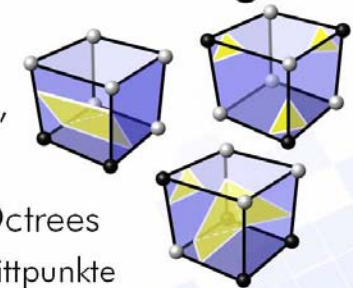
Zusammenfassung

57

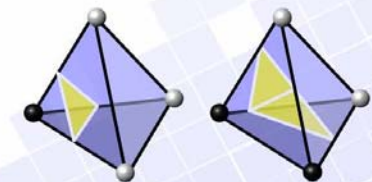
Indirekte Volumenvisualisierung

● Marching Cubes

- Tabellen, Triangulierung,
- Mehrdeutige Fälle
- Beschleunigung durch Octrees
 - Hashing-Tabelle für Schnittpunkte



● Marching Tetrahedra

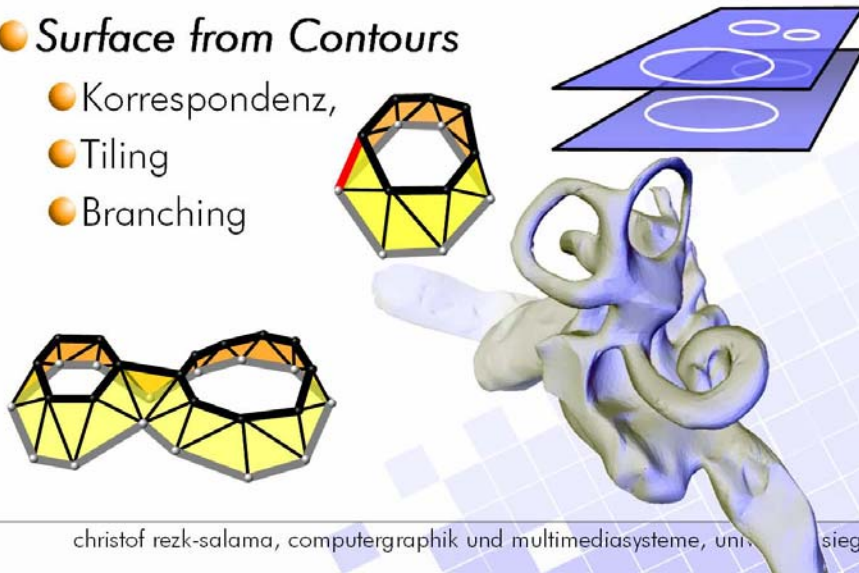


christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

Indirekte Volumenvisualisierung

● Surface from Contours

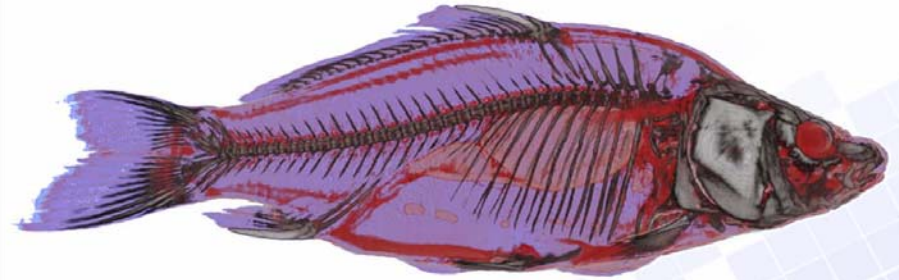
- Korrespondenz,
- Tiling
- Branching



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen

● Direkte Volumenvisualisierung

Standardverfahren



christof rezk-salama, computergraphik und multimediasysteme, universität siegen