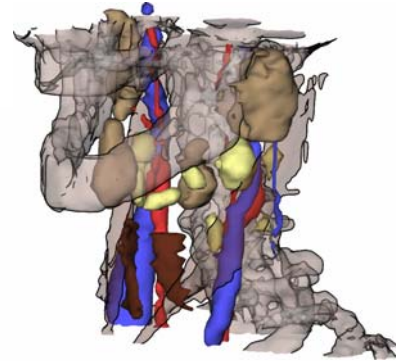
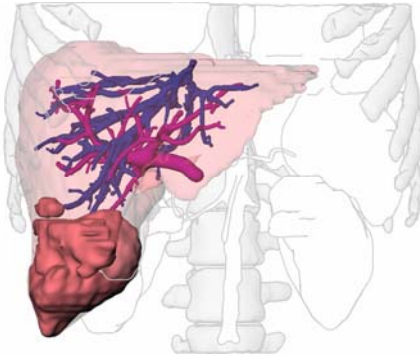


# Illustrative Medizinische Visualisierung

Christian Tietjen

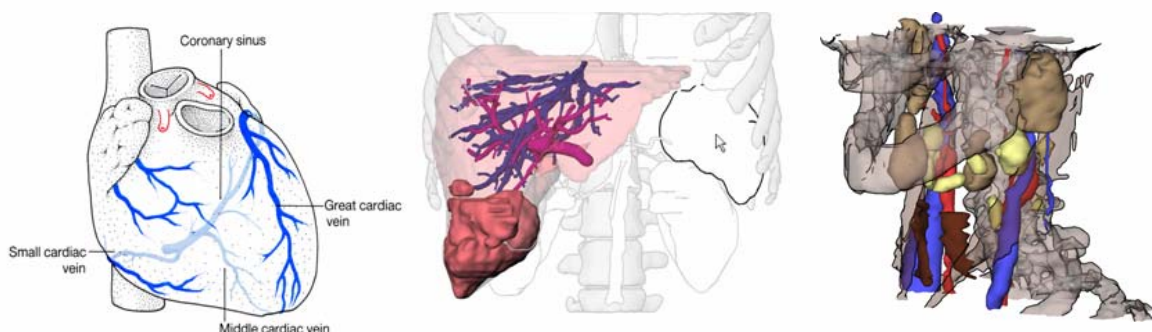


Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg,  
FIN/ISG



## Motivation

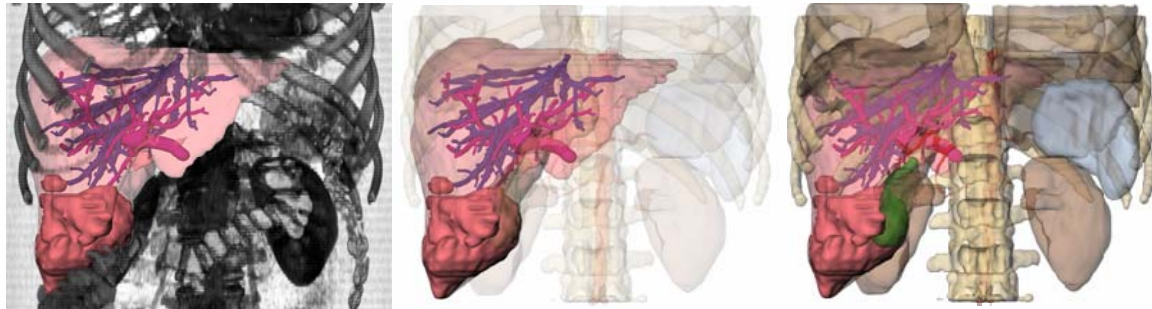
- Computergestützte Therapieplanung wird oft nur in Fällen mit komplexer Anatomie durchgeführt
- Illustrative Techniken können eingesetzt werden, um leichter verständliche Darstellungen zu generieren  
(Saito/Takahashi, SIGGRAPH 1990)
- Traditionelle Illustrationen machen extensiven Gebrauch dieser Techniken



## Motivation

### Computergestützte 3D-Visualisierung

- 3D-Interaktion möglich
- Nicht ideale Darstellung des Kontextes
  - Strukturen im Kontext sind nicht differenzierbar oder
  - Kontext überdeckt Fokusobjekt



## Gliederung

- Silhouetten und Merkmalslinien (Feature Lines)
- Kombination der verschiedenen Rendering-Verfahren
- Texturbasiertes Stippling
- Anwendungsbeispiel: Halslymphknotenausräumung (Neck Dissections)
- Zusammenfassung und Ausblick

### Computergenerierte Liniengrafiken anhand von 3D-Modellen

- Silhouetten, Merkmalslinien
  - Abstraktion der Darstellung der Modelle
  - Schnellere Informationsverarbeitung

*C. Ware, Information Visualization, Morgan Kaufman, 2001*



- Schraffur
  - Beleuchtungsinformationen
  - Struktur des Objektes
  - Verdeutlichung der Form des Objektes

*S. Kim, H. Hagh-Shenas, V. Interrante (2003).*

*„Showing shape with texture – two directions seem better than one“*

*V. L. Interrante (1997).*

*„Illustrating Surface Shape in Volume Data via Principal Direction-Driven 3D Line Integral Convolution“*



### Definition von Silhouetten:

- Silhouette eines kontinuierlichen Objektes:
  - Menge aller Punkte  $p_i$  dessen Oberflächennormale  $N$  orthogonal zum Betrachtungsvektor  $v$  ist.  
 $v = p_i - c$  ( $c$  camera position)
- Silhouette eines Polygonnetzes:
  - Die Silhouette verbindet alle Kanten, welche ein sichtbares und ein nicht sichtbares Polygon verbinden.
- Silhouetten sind sichtabhängig!

### Definition von Merkmalslinien (Feature Lines):

- Kanten bei denen der Winkel der angrenzenden Oberflächennormalen  $N_1$  und  $N_2$  einen Grenzwert überschreitet.
- Merkmalslinien sind sichtunabhängig!
- Anwendung: Hervorhebung von Regionen mit hoher Krümmung



- Algorithmen zur Silhouettengenerierung:
  - Bildbasiert: G-Buffer (Z, Normale)
  - Objektbasiert: Bestimmung aller Silhouettenkanten
  - Hybrid: Rendern von Wireframe und Oberfläche
- Vergleich:
  - Bildbasiert: Hohe Frame-Raten, evtl. unschöne Silhouetten
  - Objektbasiert: Niedrige Frame-Raten, flexible Parametrisierung (z.B. Linienstil je nach Sichtbarkeit/Objekt)
  - Hybrid: Mittlere Frame-Raten

Isenberg et al. A Developer's Guide to Silhouette Algorithms for Polygonal Models.  
*IEEE Computer Graphics and Applications*, 23(4):28-37, 2003.



6/23

Christian Tietjen



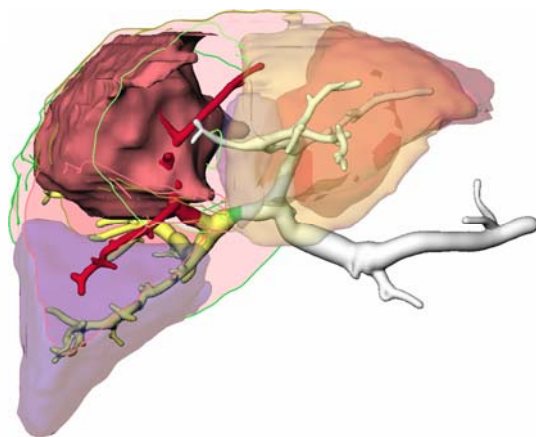
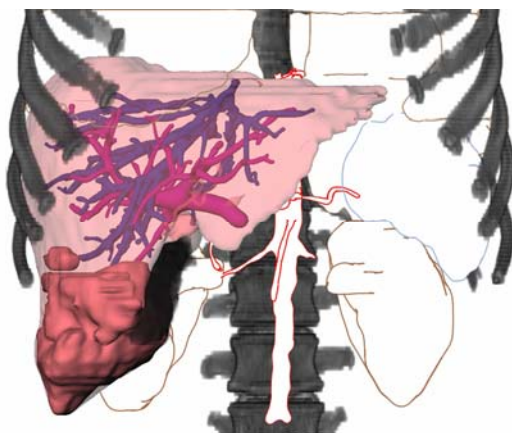
## Kombination der Verfahren

### Vorteile

- Bessere Kontextvisualisierung
- Übersichtlichere Darstellung

### Nachteil

- Aufwändige Parametrisierung



7/23

Christian Tietjen



## Kombination der Rendering-Verfahren

### Kombination der drei Verfahren zur Visualisierung

- Herkömmliches Rendering (flächenhaft)
  - Reihenfolge der Darstellung beliebig
- Nicht-Photorealistisches Rendering (linienhaft)
  - In Anlehnung an traditionelle medizinische Illustrationen
  - Two-Step-Rendering
- Volumen-Rendering
  - Problematisch durch semi-transparente Voxel
  - Maskierung der Daten

### Kombination mit Hilfe eines Szenengraphen-Modells

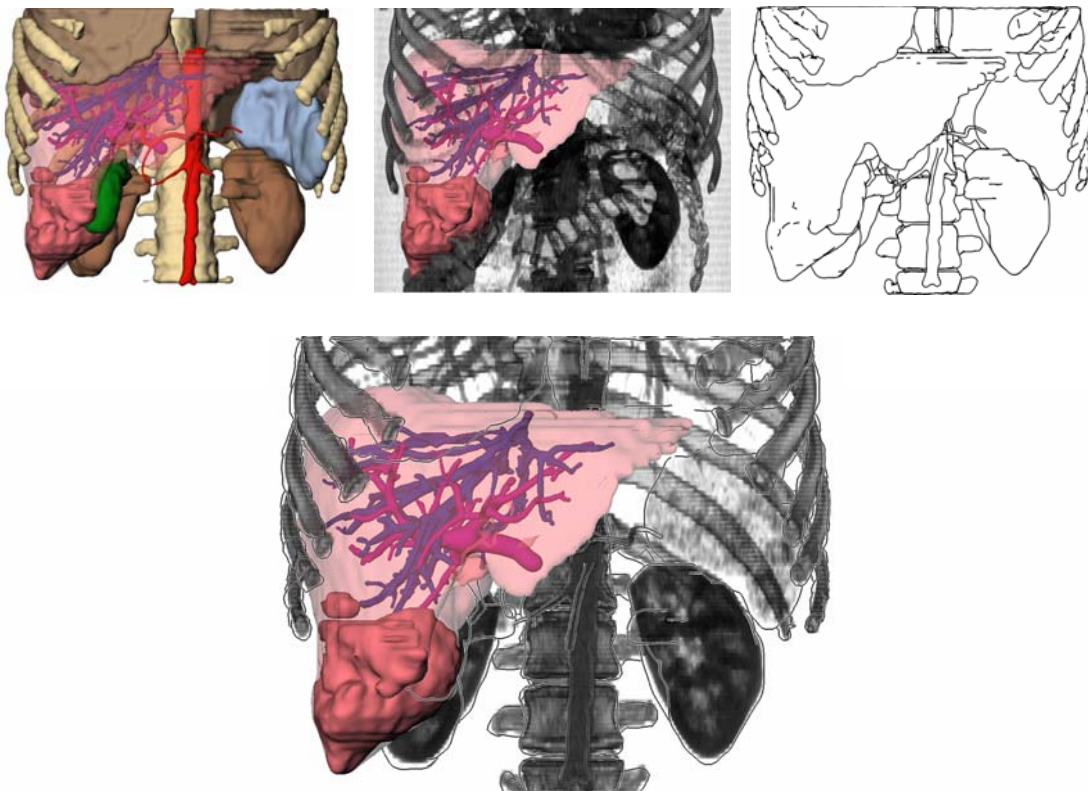


8/23

Christian Tietjen



## Kombination der Rendering-Verfahren



9/23

Christian Tietjen

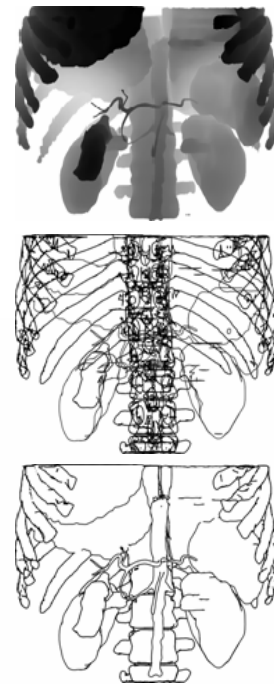
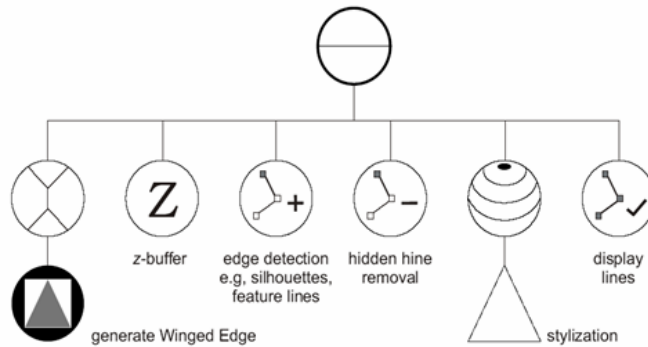




## Kombination der Rendering-Verfahren

### Linienhaftes Rendering

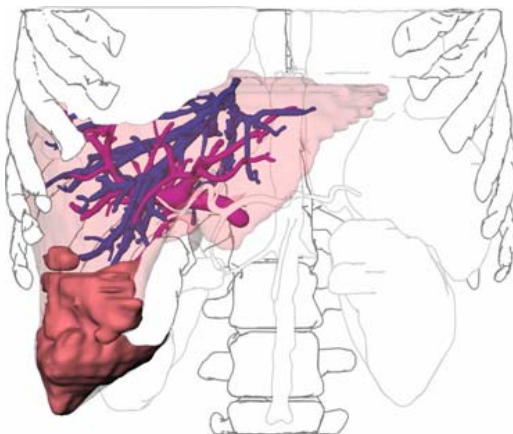
1. Erstellen des  $z$ -Buffers
2. Generieren der Liniengrafiken
3. Entfernen der verdeckten Kanten
4. Zeichnen der linienhaften Objekte



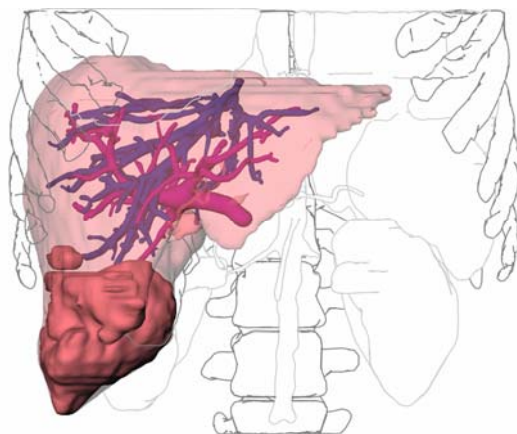
## Kombination der Rendering-Verfahren

### Kombination vom flächen- und linienhaften Rendering

1. Zeichnen der flächenhaften Objekte
2. Zeichnen der linienhaften Objekte



Vertauschte Reihenfolge

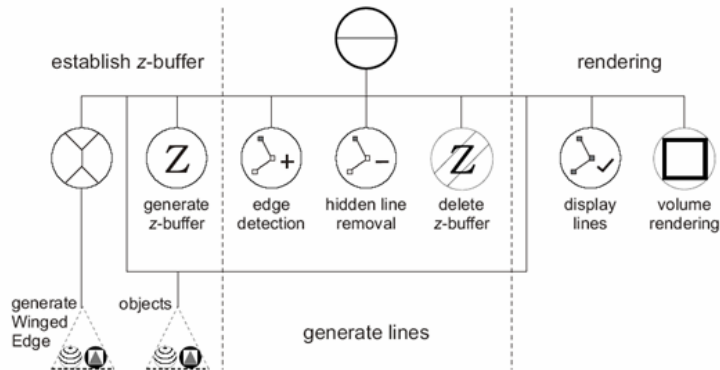
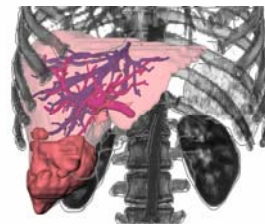
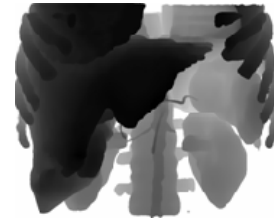


Richtige Reihenfolge

## Kombination der Rendering-Verfahren

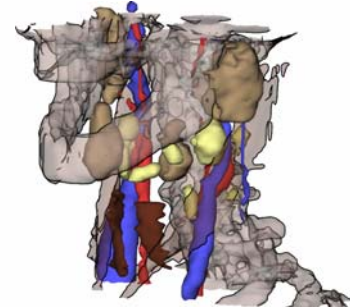
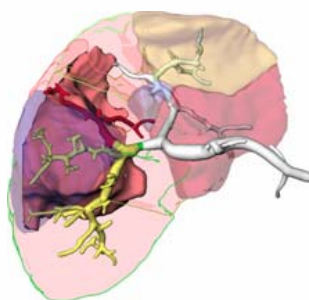
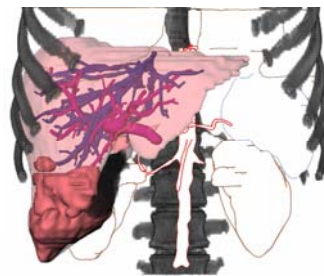
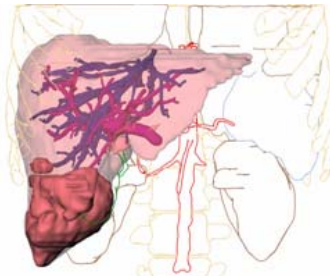
### Kombination der drei Rendering-Stile

1. Erstellen des  $z$ -Buffers
2. Generieren der Liniengrafiken
3. Löschen des  $z$ -Buffers
4. Zeichnen der linien- und flächenhaften Objekte
5. Zeichnen des Volumen-Renderings



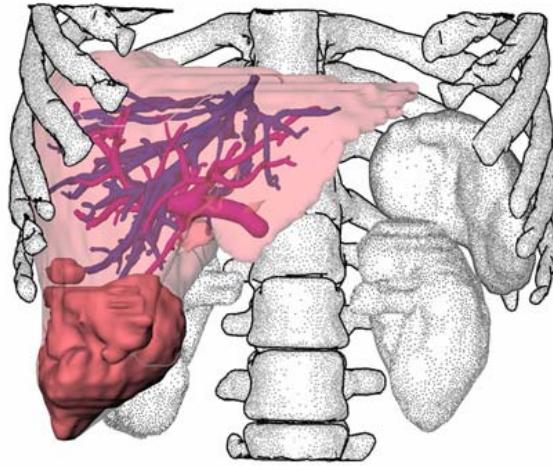
## Kombination der Rendering-Verfahren

### Mögliche Visualisierungen



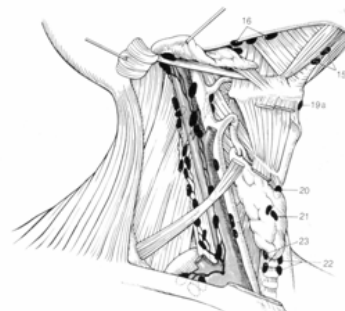
## Texturbasiertes Stippling

- Stippling wird oft in medizinischen Atlanten verwendet
- Nur Kontext: möglichst schnelle Berechnung
- Texturbasierter Ansatz auf GPU



## Hintergrund Neck Dissection

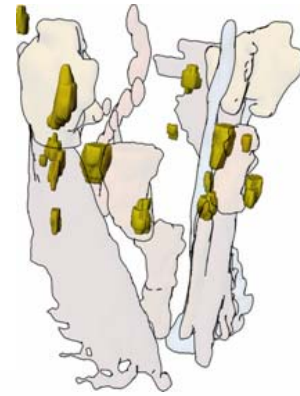
- Indikation: Patienten mit bösartigen Tumoren in der Hals- und Nackenregion
- Lymphknoten werden vorsorglich ausgeräumt
- Operationsstrategie bzw. Radikalität hängt von Häufigkeit und Position der Lymphknoten ab
- Computergestützte präoperative Planung kann helfen, um schonende OP-Strategie zu wählen





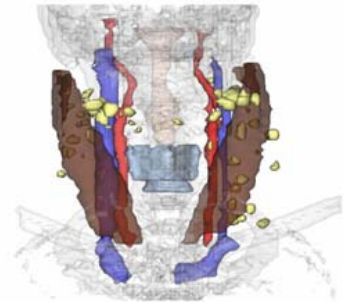
## Visualisierung für Neck Dissections

- Sehr viele Strukturen auf engem Raum
- Muskeln, Gefäße, Drüsen, Tumor etc.
- Bis zu 60 Lymphknoten
- Räumliche Zuordnung und korrekte Tiefenwahrnehmung sehr schwierig



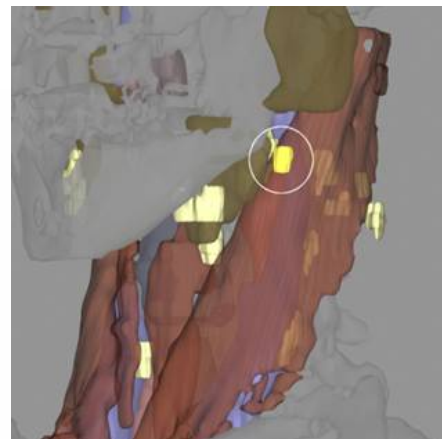
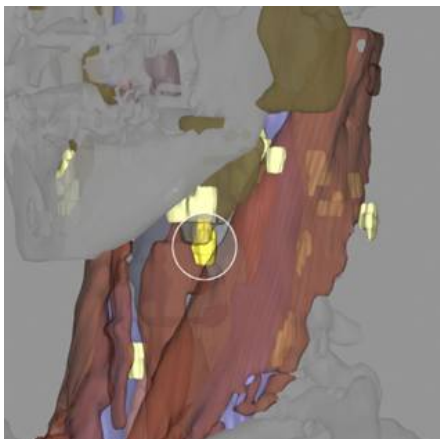
Aber:

- „Nur“ räumliche Lage von Lymphknoten und Tumor interessant
- Entfernung zu anderen Strukturen
- Infiltration anderer Strukturen



## Hervorhebung einzelner Lymphknoten

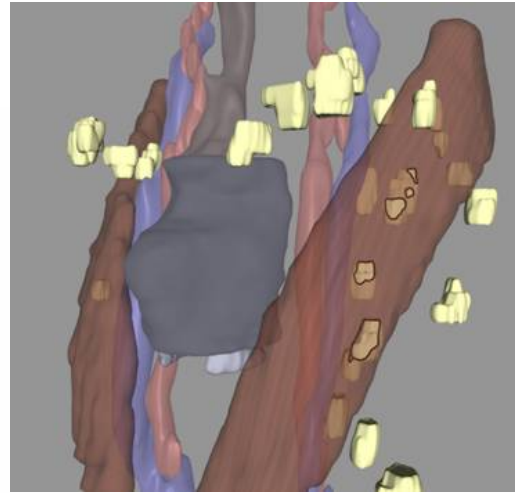
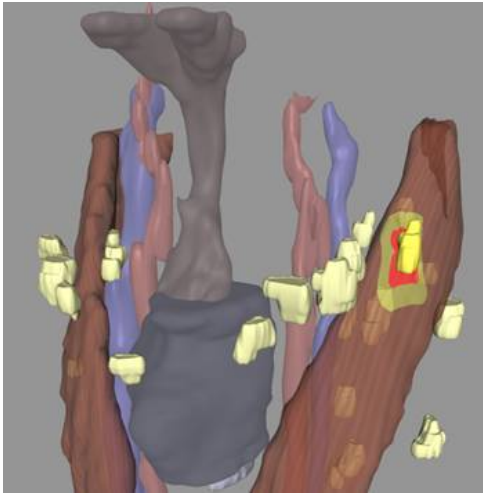
- Zielgerichteter Einsatz von Transparenz, Farbe und anderen Eigenschaften
- Opacity-Mapping für bessere räumliche Zuordnung
- Ghost Views zur Hervorhebung (über Hardware-Shader)
- Silhouetten zur Kantenverstärkung



## Distanz zu Risikostrukturen

Links: Farbkodierter Abstand zwischen Muskel und Lymphknoten  
(rot = 2mm, gelb = 5mm)

Rechts: Mögliche Infiltration von Lymphknoten in den Muskel  
Darstellung der Schnittlinie als Silhouette



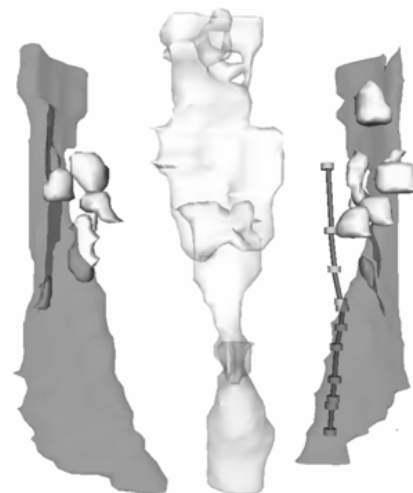
## Neck Dissections: Approximative Visualisierung

- Kleine Strukturen können aufgrund des Partialvolumeneffektes nur teilweise segmentiert werden
- Approximative Visualisierungen können diese Unsicherheit darstellen

### Beispiel:

Nerven werden nur in einigen Schichten gefunden. Die Positionen werden als Scheibe dargestellt und diese mit geraden Linien verbunden.

Chirurgen können diese Darstellung mit Hilfe ihres anatomischen Wissen interpretieren.

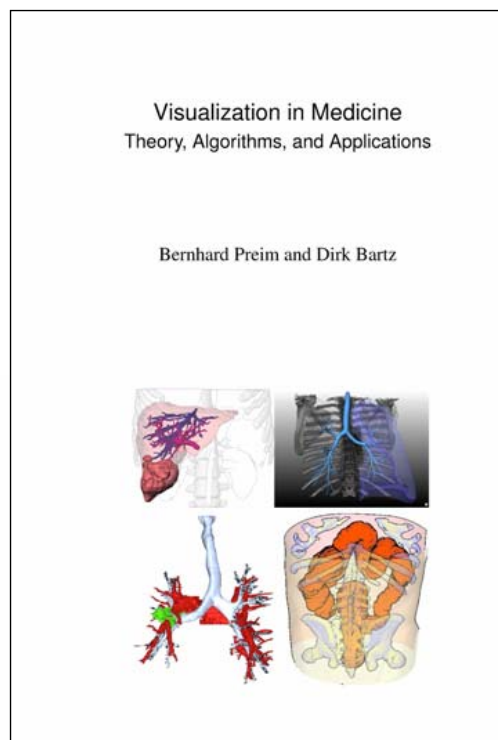


## Zusammenfassung

- Oberflächen - und Volumen-Rendering nicht ausreichend, um leicht verständliche Visualisierungen zu erzeugen
- Anwendung weiterer Rendering-Stile
  - linienhaftes Rendering
  - Kombination mit herkömmlichen Rendering-Stilen
  - Texturbasiertes Stippling
- Anwendungsbeispiel Neck Dissection
  - Visualisierungstechniken angepasst an klinische Fragestellungen
  - Opacity Mapping / Distanzinformationen / Ghost Views / Approximative Visualisierung



## Ausblick



Erscheint in:  
Morgan Kaufman  
2006



## Danksagung



Department of Simulation and Graphics  
Faculty of Computer Science, University of Magdeburg, Germany  
Visualization Group  
<http://www.isg.cs.uni-magdeburg.de/cv/>



ENT Department  
University Hospital of Leipzig, Germany  
Innovation center for computer assisted surgery  
<http://www.iccas.de>



Project support by the Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)  
(Priority Programme 1124, PR 660/3-1, PR 660/3-2).



22/23

Christian Tietjen



## Links zum Thema

- [Tietjen et al. Combining Silhouettes, Surface, and Volume Rendering for Surgery Education and Planning. EuroVis, 2005](#)
- [Isenberg et al. A Developer's Guide to Silhouette Algorithms for Polygonal Models. IEEE Computer Graphics and Applications, 23\(4\):28-37, 2003](#)
- [Praun et al. Real-Time Hatching. SIGGRAPH, 2001](#)
- [Kim et al. Showing Shape with Texture: two directions seem better than one, 2003](#)
- [Krüger et al. Interactive Visualization for Neck Dissection Planning. EuroVis, 2005](#)
- [Kindlmann et al. Curvature-Based Transfer Functions for Direct Volume Rendering: Methods and Applications. IEEE Visualization 2003](#)
- [Viola. Importance-Driven Expressive Visualization. Dissertation, 2005](#)



23/23

Christian Tietjen

