

# Medizinische Visualisierung: Methoden und Anwendungen in der Ausbildung und Therapieplanung

## Medical Visualization: Methods and Applications in Therapy Planning and Education

Bernhard Preim<sup>1</sup>, Heinz-Otto Peitgen

Abstract deutsch: Die medizinische Visualisierung befasst sich mit der Darstellung und Exploration radiologischer Bilddatensätze. Zu den grundlegenden Aufgaben gehören die Exploration der patientenindividuellen Bilddaten, die Visualisierung baumartiger Strukturen, die Hervorhebung von Objekten, die quantitative Analyse in medizinischen Datensätzen sowie die virtuelle Resektion. Lösungsmöglichkeiten für diese Aufgaben werden anhand konkreter Fallbeispiele beschrieben.

Abstract english: Medical Visualization deals with the display and exploration of medical volume data. The exploration of the patient individual image data, the visualization of branching structures, the emphasis of selected objects, measurements and virtual resections are among the basic tasks. Possible solutions for these tasks are presented and discussed by means of case studies.

---

<sup>1</sup> E-Mail: [preim@isg.cs.uni-magdeburg.de](mailto:preim@isg.cs.uni-magdeburg.de)

Schlagwörter/Keywords (Medizinische Visualisierung, 3D-Interaktion, Therapieplanung, Anatomie- und Chirurgieausbildung/ Medical Visualization, 3D-Interaction Therapy Planning, Surgery and Anatomy Education)

## 1. Einleitung

Die Visualisierung von medizinischen Volumendaten ist eine der ältesten Anwendungen der computergestützten Visualisierung. Grundlegende Methoden, wie die Extraktion von Isoflächen aus Volumendaten und die direkte Darstellung von Volumendaten, wurden bei ihrer Vorstellung anhand radiologischer Datensätze und medizinischer Anwendungen motiviert und mit entsprechenden Beispielen veranschaulicht. Die Methoden zur plastisch wirkenden und qualitativ hochwertigen Visualisierung medizinischer Volumendaten wurden in den 80er Jahren entwickelt, wobei die Arbeitsgruppe von Prof. Höhne an der Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf Pionierarbeit geleistet hat [1].

Während die Arbeiten in Hamburg vor allem für die medizinische Ausbildung konzipiert waren [2], wurden seit Mitte der 90er Jahre spezielle Methoden für klinische Anwendungen entwickelt [3, 4]. Die Visualisierung wird dabei häufig mit einer Bildanalyse kombiniert, in deren Ergebnis z.B. die relevanten Objekte identifiziert und abgegrenzt werden (Segmentierung) bzw. mehrere Datensätze aufeinander abgebildet und vergleichbar gemacht werden (Bildregistrierung). Zu den Zielen des klinischen Einsatzes von Visualisierungstechniken gehört die Unterstützung von Therapieentscheidungen. Beispiele sind die Frage der Operabilität bzw. des Ausmaßes des geplanten Eingriffes bei der Behandlung von Krebserkrankungen sowie das zu erwartende kosmetische Ergebnis bei plastischen Operationen z.B. nach Unfällen.

Die Nutzung von Visualisierungstechniken spielt auch während eines Eingriffes eine wachsende Rolle. Dabei wird versucht, dem Operateur Informationen über die Lage von Instrumenten in Relation zu wichtigen Strukturen zu vermitteln. Optische oder magnetische Sensoren liefern dabei die notwendige Information über Position und Orientierung von Instrumenten.

Dieser Beitrag gibt einen Einblick in die Visualisierung radiologischer Bilddaten mit dem Ziel, diagnostische und therapeutische Prozesse zu unterstützen.

## 2. Visualisierungsaufgaben

Im Folgenden werden Aufgaben der medizinischen Visualisierung beschrieben, die für eine breite Palette klinischer Anwendungen wesentlich sind.

- Darstellung und Exploration relevanter Strukturen des konkreten Patienten. Für die Diagnostik und die Thera-

Planung ist eine anschauliche Darstellung von krankhaften Veränderungen und umgebenden Strukturen wesentlich. Diese Darstellung muss allerdings mit bestimmten Kontextinformationen kombiniert werden, z. B. um die Lage dieser Strukturen in Relation zum Skelett zu veranschaulichen.

- Veranschaulichung der Topologie von baumartigen Strukturen (Gefäßbäume, Nerven). Für die Planung von Interventionen und Operationen ist das Verständnis der patientenindividuellen Verzweigungsstruktur von Gefäßbäumen und Nerven wesentlich, um präoperativ zu erkennen, welche abhängigen Teile eines Gefäßbaumes von der Schädigung eines Gefäßastes betroffen sind.
- Hervorhebung von Objekten. In Softwaresystemen für die medizinische Ausbildung, aber auch in Therapieplanungssystemen, steht eine Liste von Objekten zur Verfügung. Diese repräsentieren anatomische Strukturen bzw. krankhafte Veränderungen, die zuvor identifiziert worden sind. Eine typische Interaktion besteht darin, einzelne Objekte auszuwählen und als Rückkopplung sollten diese in der 3D-Visualisierung hervorgehoben werden. Dies erweist sich als schwierig, weil die Objekte oft nicht sichtbar sind.
- Quantitative Analyse der räumlichen Verhältnisse. Die Veranschaulichung anatomischer und pathologischer Strukturen bietet für viele therapeutische Fragestellungen keine ausreichende Unterstützung. Die Kombination mit einer Vermessung hinsichtlich von Abständen, Winkeln und Größenverhältnissen ist wesentlich.
- Virtuelle Resektion. Zur Vorbereitung eines Eingriffes ist es hilfreich, die Resektion am Modell auszuprobieren. Dabei geht es nicht um die Nachbildung von Schneidvorgängen, sondern um eine praktikable Methode, um das Resektatvolumen zu spezifizieren.

Im restlichen Teil dieses Beitrages werden Umsetzungsmöglichkeiten für diese Aufgaben beschrieben.

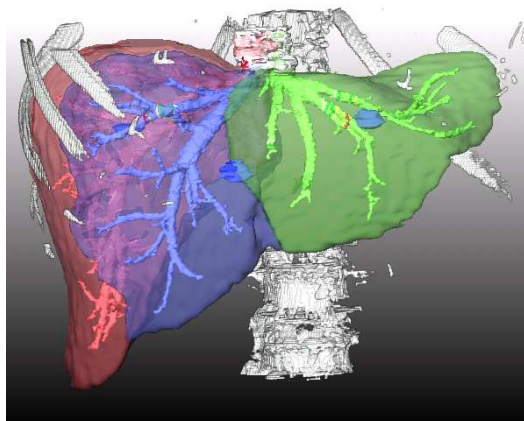
### 3. Visualisierung patientenindividueller Strukturen

Ausgangspunkt für die Diagnoseunterstützung sowie die Therapieplanung ist eine flexible Visualisierung der relevanten Strukturen. Dabei ist es wichtig, dass sowohl 2D-Ansichten als auch frei rotierbare 3D-Ansichten generiert werden können (Bild 1). Wenn die relevanten Strukturen explizit segmentiert worden sind, können sie selektiv einblendet werden. Farben und Transparenzwerte können für jedes Objekt so eingestellt werden, dass der „Durchblick“ durch größere, äußere Strukturen, z.B. Organe, möglich ist und zugleich kontrastreiche Visualisierungen entstehen. Es ist günstig, wenn in den 2D-Ansichten, die die originalen radiologischen Daten darstellen, die Ausdehnung und Form der segmentierten Objekte sichtbar wird, z.B. durch eine entsprechende Einfärbung. Auf diese Weise kann die Segmentierung auf Plausibilität überprüft und der Bezug zwischen den 2D und 3D-Ansichten verdeutlicht werden. Die Integration orthogonaler

Schnittebenen, die mit den Originaldaten texturiert sind, in 3D-Ansichten ist eine mittlerweile etablierte Form diesen Bezug herzustellen. Diese Technik wird im 3D-Slicer genutzt [5], der vor allem zur Planung neurochirurgischer Eingriffe eingesetzt wird.

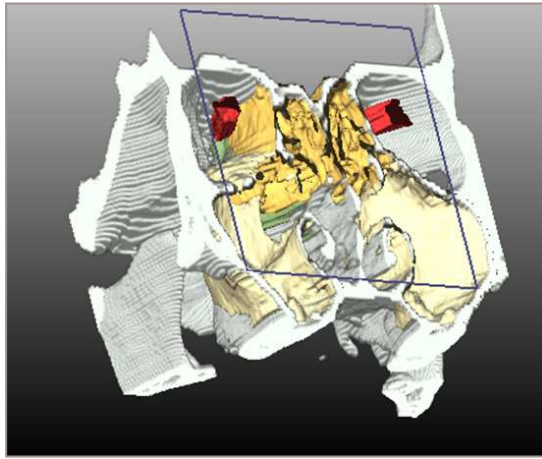
Die Beschleunigung der Volumenvisualisierungsverfahren, speziell die Hardwareunterstützung durch das 3D-Texture-Mapping [6] und die dedizierte Graphikkarte VolumePro [7] sind in radiologische Workstations integriert worden und haben dadurch weite Verbreitung erreicht. Bei der 3D-Visualisierung kommen sowohl Oberflächenvisualisierungen als auch direkte Volumenvisualisierungen zum Einsatz. Die Oberflächenvisualisierungen basieren darauf, dass der Benutzer einen Schwellwert einstellt, der einer interessierenden Struktur entspricht (z.B. Knochen in CT-Daten). Dementsprechend wird in hoher Auflösung eine Oberfläche bestimmt, die diesem Wert entspricht [8]. Die direkte Volumenvisualisierung erfordert die Spezifikation einer Transferfunktion, die die Daten auf Grauwerte bzw. Farben und Transparenz abbildet. Die Visualisierungsmöglichkeiten sind durch mehrdimensionale Transferfunktionen erweitert worden, bei denen auch abgeleitete Informationen, z.B. die Größe des Gradienten, in den Daten für die Darstellung genutzt wird ([9,10]). Das Ziel beim routinemäßigen Einsatz der 3D-Visualisierungen ist die Reduktion des Interaktionsaufwandes für die Einstellung von Schwellwerten und Transferfunktionen.

Als einfache Methoden zur Exploration der Daten sind Rotationen und Vergrößerungen sowie Clipsebenen nützlich. Clipsebenen schneiden jeweils einen Teil der Daten ab und erlauben so eine visuelle Analyse innerer Strukturen (Bild 2). Sehr aufschlussreiche Visualisierungen entstehen oft durch selektive Clipsebenen, die sich nur auf ausgewählte Objekte auswirken [11].



**Bild 1:** Integration von Oberflächenvisualisierung (Leber und die darin befindlichen Strukturen) und Volumenvisualisierung (Skelett) für die Planung einer Tumoroperation.

Damit im Klinikalltag eine Computerunterstützung zum Einsatz kommt, muss die Interaktion vereinfacht und beschleunigt werden. So wichtig Einstellmöglichkeiten für alle Parameter sind, so sorgfältig sollten andererseits Standardwerte für „normale“ Fälle durchdacht werden. Eine Standardisierung in Bezug auf Sichtrichtungen sowie die Verwendung von Farben ist dabei wesentlich.



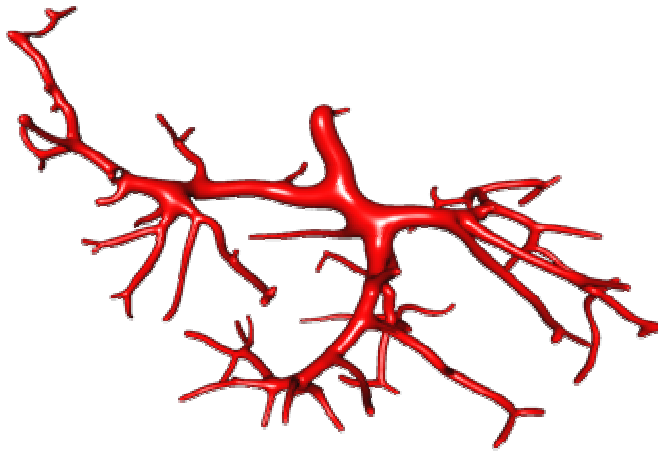
**Bild 2:** Exploration eines Schädel-CT-Datensatzes zur Planung von Nasennebenhöhlenoperationen durch Rotation und Einsatz von Clipebenen. (Mit frdl. Genehmigung von Dörte Apelt, MeVis Bremen.)

## 4. Visualisierung von Gefäßbäumen

Eine anschauliche Visualisierung von Gefäßbäumen ist mit konventionellen Methoden im Allgemeinen nicht möglich. Durch die begrenzte Auflösung der Daten erscheinen Gefäßäste gerade in der Peripherie verrauscht. Durch eine Rekonstruktion von Gefäßen basierend auf Ergebnissen der Bildanalyse und speziellen Annahmen über die Form von Gefäßen ist eine deutlich verbesserte, leichter interpretierbare Visualisierung möglich. Die wichtigste Modellannahme betrifft den Querschnitt, der als kreisrund für gesunde Gefäße angenommen wird.

Mit Methoden der Bildanalyse können Gefäßmittellinien und –durchmesser bestimmt werden. Ziel der Rekonstruktion ist es, geometrische Objekte zu definieren, die die bestimmte Gefäßmittellinie umhüllen und dabei die gemessenen Radien widerspiegeln.

Grundsätzlich gibt es zwei Ansätze, eine solche Rekonstruktion zu bewerkstelligen: einerseits kann *explizit* eine Geometrie beschrieben werden. Andererseits können *implizite Funktionen* genutzt werden, um ein Feld zu definieren, das bei einer Polygonalisierung gerade die gewünschten Eigenschaften aufweist. Ein Beispiel für den expliziten Ansatz ist die in [11] beschriebene Methode, bei der Kegelstümpfe so miteinander verkettet werden, dass sie den Gefäß- und Radiusverlauf widerspiegeln. Weiche Übergänge an Verzweigungen (mathematisch: stetig differenzierbare Ableitungen tangential zu den entstehenden Flächen) sind durch implizite Beschreibungen möglich. Es bedarf allerdings besonderer Sorgfalt bei der Polygonalisierung der impliziten Beschreibung, um den gemessenen Durchmesserverlauf korrekt abzubilden [11]. Im Ergebnis entsteht eine qualitativ hochwertige Gefäßdarstellung; allerdings verbunden mit dem Nachteil eines größeren Berechnungsaufwandes im Vergleich zur expliziten Methode. Dieser ist allerdings für „normale“ Gefäßbäume (siehe Bild 3 für ein Beispiel) unkritisch.

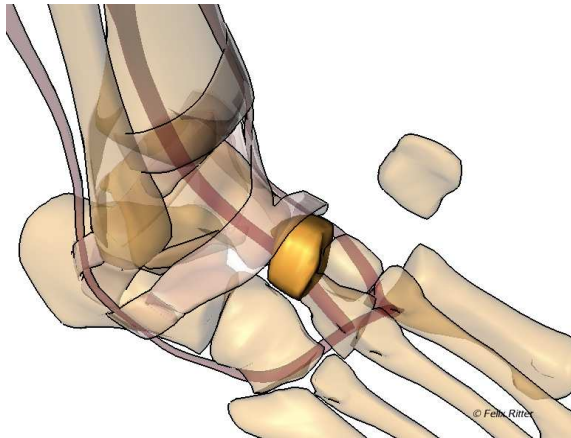


**Bild 3:** Visualisierung eines Gefäßbaumes (Pfortader in der Leber) auf Basis von impliziten Funktionen. Die Darstellung ist einerseits stark geglättet; andererseits repräsentiert sie den Verlauf der patientenindividuellen Gefäße. (Aus [12])

## 5. Hervorhebung von Objekten in medizinischen Visualisierungen

Die Hervorhebung von Strukturen in einer medizinischen 3D-Visualisierung ist ein schwer erreichbares Visualisierungsziel. Die Hervorhebung erfordert die Sichtbarkeit und Erkennbarkeit der entsprechenden Struktur. Insofern muss bei nicht-sichtbaren Objekten entweder die Sicht auf die gesamte Visualisierung verändert werden oder es müssen zumindest verdeckende Objekte bzw. Regionen modifiziert werden. Wünschenswert ist, dass die Auswirkungen der Hervorhebung eines Objektes auf andere minimal sind (medizinisch gesagt: die Nebenwirkungen sollen klein sein). Eine diesbezüglich günstige Technik ist in Bild 4 dargestellt – die zu dem hervorzuhebenden Objekt benachbarten Objekte werden stark transparent dargestellt. Da bei mehreren hintereinander transparent dargestellten Objekten die Form schwer erkennbar ist, sind zusätzlich Silhouetten bzw. ausgeprägte innere Kanten dargestellt. Dabei kommen Techniken des sogenannten nichtfotorealistischen Renderings zum Einsatz [13].

Eine bekannte Hervorhebungstechnik bei technischen Illustrationen sind Cutaway-Ansichten, bei denen Teile der Szene entfernt werden, um verdeckte Objekte zu zeigen. In medizinischen Visualisierungen können so z.B. zylinderförmige Regionen „ausgestanzt“ werden, die ein Objekt sichtbar machen. Hervorhebungstechniken können auch kombiniert werden, z.B. so, dass zusätzliche Symbole (Pfeile) konstruiert werden, die auf das hervorgehobene Objekt hinweisen. In [14] wird ein Überblick über solche Techniken gegeben. Im konkreten Fall hängt die Eignung einer Hervorhebungstechnik auch von Form und Größe der hervorzuhebenden Objekte ab. Langfristiges Ziel ist es, automatisch durch eine Analyse der 3D-Daten eine passende Hervorhebungstechnik auszuwählen.

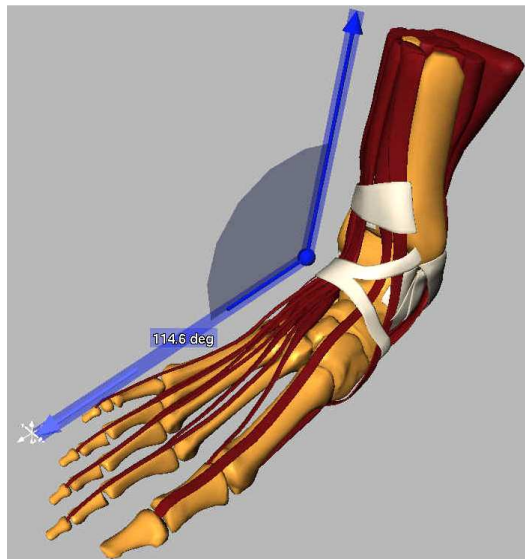


**Bild 4:** Hervorhebung eines Objektes durch Kombination von Transparenz und Silhouettengenerierung. (Mit frdl. Genehmigung von Felix Ritter, MeVis Bremen.)

## 6. Quantitative Analyse medizinischer Visualisierungen

Quantitative Aussagen spielen in der medizinischen Diagnostik und Therapieplanung eine wichtige und wachsende Rolle. So ist die Größe eines bösartigen Tumors wesentlich für die Behandlungsmöglichkeiten; der Winkel zwischen Knochen oder Zähnen charakterisiert die Behandlungsbedürftigkeit von Fehlstellungen und Abstände zwischen krankhaften Veränderungen und Risikostrukturen bestimmen, ob eine Operation möglich ist.

Es ist vorteilhaft, wenn solche Maße direkt mit einer angemessenen 3D-Visualisierung kombiniert werden können. Eine gute Erkennbarkeit der interaktiven Vermessungswerkzeuge und eine eindeutige Zuordnung von Maßzahlen, Maßlinien und den Strukturen, auf die sie sich beziehen, sind dabei wesentlich. Ein Beispiel aus einer Bibliothek derartiger Vermessungswerkzeuge [15] ist in Bild 5 dargestellt.



**Bild 5:** Interaktive Vermessung des Winkels zwischen Knochen. Temporär eingblendete Ebenen erleichtern die Orientierung und damit die Interaktion. (Aus [15])

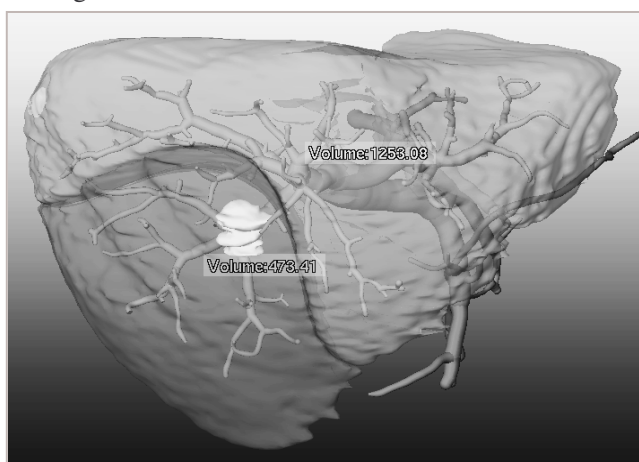
Neben interaktiven Maßen lassen sich häufig vorkommende Vermessungsaufgaben automatisieren. So kann für einen Tumor mit einer Hauptachsenanalyse die Orientierung und die größte Ausdehnung bestimmt werden. Mit ähnlichen Methoden kann der Winkel zwischen zwei länglichen Objekten bestimmt werden. Diese Form der Vermessung ist nicht nur einfacher, sondern deutlich genauer und nicht vom Benutzer abhängig [15].

## 7. Virtuelle Resektion

Die virtuelle Resektion erfordert Interaktionsmöglichkeiten, mit denen ein Mediziner spezifizieren kann, welche Teile eines Organs bei der Operation entfernt werden. Die Resektion soll möglichst genau spezifiziert werden können, damit betroffene Risikostrukturen erkennbar sind. Die virtuelle Resektion kann zwischen Kollegen diskutiert werden. Außerdem kann das Volumen des Resektates bestimmt werden. Diese Quantifizierung ist nützlich, um die Machbarkeit einer Resektion zu beurteilen.

Ein praktikables Vorgehen besteht darin, den Benutzer direkt anhand der 2D-Schichten eine Resektion einzeichnen zu lassen. Durch Interpolation zwischen den Schichten kann auf diese Weise mit vertretbarem Aufwand eine virtuelle Resektion spezifiziert werden.

Am Centrum für Medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung (MeVis) wurde kürzlich eine neue Methode entwickelt, die sich in ersten Tests als vielversprechend erwiesen hat [16]. Dabei „zeichnet“ der Benutzer auf der Oberfläche des Organs die Resektion (auf der Ober- und Unterseite) ein. Durch diese Linien wird eine Ebene gelegt und so deformiert, dass sie möglichst exakt den eingezeichneten Linien entspricht. Diese initiale Form der Resektion kann verfeinert werden, indem Gitterpunkte mit wählbarem Einflussbereich verschoben werden. Diese Methode ist durch reale chirurgische Eingriffe inspiriert: Auch dabei ist es üblich, nach dem Freilegen eines Organs „einzuzeichnen“, wo die Resektion verlaufen soll. Bild 6 zeigt ein Ergebnis einer solchen virtuellen Resektion.



**Bild 6:** Ergebnis einer virtuellen Leberresektion. Das Gebiet im linken Teil ist „entfernt“ worden, wobei etwa 20% des Lebervolumens betroffen wären. (Mit frdl. Genehmigung von Arne Littmann und Olaf Konrad-Verse, MeVis Bremen.)



## 8. Zusammenfassung und Ausblick

Dieser Beitrag hat Methoden der Visualisierung radiologischer Bilddaten beschrieben, wobei der Fokus auf klinischen Anwendungen liegt. Häufig ist erst durch die Kombination von Bildanalyse und Visualisierung eine angemessene Computerunterstützung möglich.

Die beschriebenen Techniken sind validiert und Teil des Softwareassistenten INTERVENTIONPLANNER, der sich seit Mitte 2002 in der klinischen Evaluierung befindet. Die beschriebenen Methoden werden in dem von MeVis koordinierten Projekt SIMPL (Service Center for Medical Image Analysis, Visualization and Therapy Planning) als Dienstleistung eingesetzt. Seit Januar 2003 sind im Rahmen dieses BMBF-geförderten Projektes mehr als 350 Leberoperationen mit 3D-Visualisierungen geplant worden. Die Kliniken haben dazu die radiologischen Bilddaten über das Internet zu MeVis transferiert und nach spätestens zwei Werktagen die vereinbarten Bildanalyseergebnisse und Visualisierungen zurückbekommen. In diesem Zusammenhang ist auch die Akzeptanz rekonstruierter Gefäßvisualisierungen deutlich geworden.

Die Entwicklung von Methoden zur Analyse und Visualisierung radiologischer Bilddaten wird weiter voranschreiten. Die Integration und Fusion mehrerer Bilddaten eines Patienten, die Darstellung von funktionellen Informationen auf Basis von nuklearmedizinischen Verfahren und die Veranschaulichung dynamischer Prozesse, wie z.B. der Verteilung eines Kontrastmittels, sind Beispiele dafür. Für den medizinischen Einsatz ist eine sorgfältige Validierung der Methoden notwendig.

**Danksagung.** Die Autoren danken ihren Mitarbeitern und Kooperationspartnern für die Realisierung der beschriebenen Techniken und für fruchtbare Diskussionen.

### Literatur

- [1] *K.H. Höhne, R. Bernstein:* Shading 3Dimages from CT using gray-level gradients. IEEE Transactions on Medical Imaging, Band 5(6), S. 45- 47, März 1986
- [2] *K.H. Höhne, B. Pflesser, A. Pommert et al.:* VOXEL-MAN 3D Navigator: Inner Organs. Regional, Systemic and Radiological Anatomy Springer-Verlag Electronic Media, Heidelberg 2000
- [3] *P. Hastreiter, C. Rezk-Salama, B. Tomandl, K. Eberhardt, T. Ertl:* Fast Analysis of Intracranial Aneurysms based on interactive direct volume rendering and CTA. Proc. of Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), Springer, LNCS Band 1498, 1998
- [4] *E. Keeve, S. Girod, B. Girod:* Craniofacial Surgery Simulation. Proc. of Visualization in Biomedical Computing, Springer, LNCS, Band 1131, S. 541-546, 1996
- [5] *P. C. Everett, E. B. Seldin, M. Troulis, L. B. Kaban, R. Kikinis:* A 3D System for Planning and Simulating Minimally-Invasive Distraction Osteogenesis of the Facial Skeleton. Proc. of Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), Springer, LNCS, Band 1935, S. 1029-1039, 2000
- [6] *B. Cabral, N. Cam, J. Foran:* Accelerated Volume Rendering and Tomographic Reconstruction Using Texture Mapping Hardware. Symposium on Volume Visualization, ACM SIGGRAPH, S. 451-458, 1994
- [7] *H. Pfister, J. Hardenbergh, J. Knittel, H. Lauer, L. Seiler:* The VolumePro Real-Time Ray-casting System. Proc. of ACM SIGGRAPH, S. 251-260, 1999

Autor	Titel	Dateiname	Datum	Seite
Bernhard Preim , Heinz-Otto Peitgen	Medizinische Visualisierung: Methoden und Anwendungen in der Ausbildung und Therapieplanung	itTiPreimPeitgenFina l2.doc	02.02.2004	9 (10)

- [8] *W. Lorensen and H. Cline*: Marching cubes: A high resolution 3-D surface construction algorithm. Proc. of ACM SIGGRAPH, S. 163-169, 1987
- [9] *M. Levoy*: Display of Surfaces from Volume Data. IEEE Computer Graphics and Applications, Band 8, Heft 3, S. 29-37, 1988
- [10] *J. Kniss, G. Kindlmann, C. Hansen*: Multidimensional Transfer Functions for Interactive Volume Rendering. IEEE Transactions on Visualization and Graphics, Band 8, Heft 3, S. 270-285, 2002
- [11] *H.K. Hahn, B. Preim, D. Selle, H.-O. Peitgen*: Visualization and Interaction Techniques for the Exploration of Vascular Structures. Proc. of IEEE Visualization 2001, S. 395-402
- [12] *S. Oeltze, B. Preim*: Visualization of Vascular Structures with Convolution Surfaces, Joint IEEE/EG Symposium on Visualization (erscheint, Mai 2004)
- [13] *T. Strothotte, S. Schlechtweg*: Non-Photorealistic Rendering, Morgan Kaufman, 2002
- [14] *B. Preim, F. Ritter*: Techniken zur Hervorhebung von Objekten in medizinischen 3d-Visualisierungen. Proc. of Simulation und Visualisierung, SCS-Verlag Erlangen, S. 187-200, 2002
- [15] *B. Preim, C. Tietjen, W. Spindler H.-O. Peitgen*: Integration of Measurement Tools in Medical Visualizations. Proc. of IEEE Visualization (Boston, MA, 2002), S. 21-28
- [16] *O. Konrad-Verse, B. Preim, A. Littmann*: Virtual Resection with a Deformable Cutting Plane. Proc. of Simulation and Visualization, SCS-Verlag Erlangen, erscheint (März 2004)

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Bernhard Preim** hat den Lehrstuhl für Visualisierung an der Fakultät für Informatik an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg inne. Hauptarbeitsgebiete: Grundlagen und Anwendungen der medizinischen Visualisierung, computergestützte Chirurgie, Interaktionstechniken bei der Visualisierung

Adresse: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik, Institut für Simulation und Graphik, PSF 4120, D-39016 Magdeburg,  
Tel.: +49 (391) 67-18512, Fax: +49 (391) 67-11164,  
E-Mail: preim@isg.cs.uni-magdeburg.de

**Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Heinz-Otto Peitgen** ist Lehrstuhlinhaber am Fachbereich Mathematik und Informatik der Universität Bremen und Direktor des Centrums für Medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung. Hauptarbeitsgebiete sind: Dynamische Systeme, Numerische Analysis, Computergraphik, Bild- und Datenanalyse und Computerunterstützung in der bildbasierten medizinischen Diagnostik und Therapieplanung

Adresse: Centrum für Medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung (MeVis), Universitätsallee 29, D-28359 Bremen,  
Tel.: +49 (421) 218 7711, Fax: +49 (421) 218 3552,  
E-Mail: peitgen@mevis.de