

# Dreidimensionale Bildprozessierung in der HNO-Onkologie zur präoperativen Planung und Evaluierung

## Three-dimensional Visualization for Preoperative Planning and Evaluation in Head and Neck Surgery

### Autoren

M. Fischer<sup>1</sup>, G. Strauß<sup>1</sup>, S. Gahr<sup>2</sup>, I. Richter<sup>1</sup>, S. Müller<sup>1</sup>, O. Burgert<sup>3</sup>, J. Dornheim<sup>4</sup>, B. Preim<sup>4</sup>, A. Dietz<sup>1</sup>, A. Boehm<sup>1</sup>

### Institute Rubrikherausgeber

Die Institutsangaben sind am Ende des Beitrags gelistet  
A. Dietz, Leipzig

### Schlüsselwörter

- CT
- MRT
- präoperative Planung
- Volumetrie
- Chemotherapie

### Key words

- CT
- MRI
- preoperative planning
- volumetry
- chemotherapy

### Bibliografie

DOI 10.1055/s-0029-1202815  
Laryngo-Rhino-Otol 2009;  
88: 229–233  
© Georg Thieme Verlag KG  
Stuttgart · New York  
ISSN 0935-8943

### Korrespondenzadresse

**Dr. med. Miloš Fischer**  
Klinik und Poliklinik für  
HNO-Heilkunde/Plastische  
Operationen  
Universitätsklinikum Leipzig  
AöR  
Liebigstraße 10–14  
04103 Leipzig  
milos.fischer@  
medizin.uni-leipzig.de

### Zusammenfassung

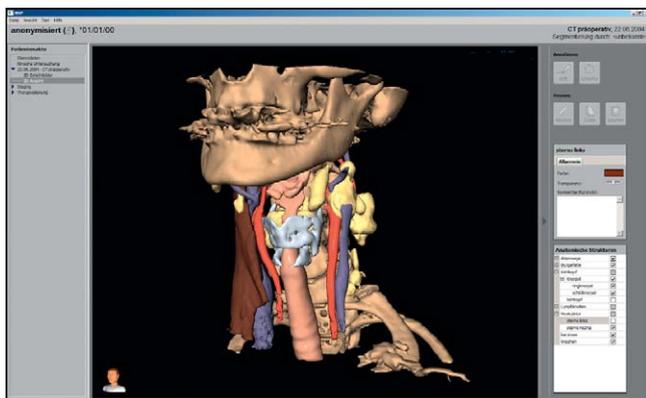
Für die Operationsplanung von Kopf-Hals-Tumoren sowie Neck Dissections in der HNO-Chirurgie steht eine Vielzahl von diagnostischen Möglichkeiten zur Verfügung. Es ist bisher nicht untersucht, ob eine dreidimensionale Darstellung einen Vorteil im Vergleich zur bisherigen Standarddiagnostik bietet. Darüber hinaus gibt es keine konkreten Studien zu der Art der Visu-

alisierung solcher Daten im Vorfeld einer Operation. Diese Arbeit beschreibt verschiedene Möglichkeiten der Segmentierung und dreidimensionalen Visualisierung für die Operationsplanung von Kopf-Hals-Tumoren und Neck Dissections sowie für die Tumolvolumetrie von Kopf-Hals-Tumoren im Vergleich mit der konventionellen Computertomografie. Des Weiteren werden neue Techniken vorgestellt und Anforderungen an 3D-Abbildungen formuliert.

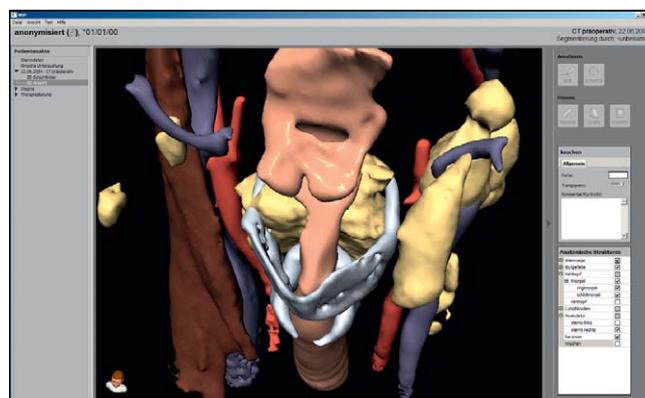
### Einleitung

Für die präoperative Planung von Kopf-Hals-Tumoren steht eine Vielzahl von diagnostischen Möglichkeiten zur Verfügung. Neben der Panendoskopie basiert sie auf einer hochauflösenden Bildgebung der ROI (Region of Interest). In der Kopf-Hals-Chirurgie hat insbesondere die technische Entwicklung der Computertomografie (CT) zu maßgeblichen Verbesserungen der Bildgebung und somit auch der präoperativen Planung geführt [1]. Diese wird bei malignen Erkrankungen am Hals nach wie vor routinemäßig anhand axialer Schichten durchgeführt. Es erfolgt die Beurteilung der Ausdehnung des Primärtumors, sowie die Beurteilung der cervicalen Lymphknoten in den zweidimensionalen Schichtbildern hinsichtlich Malignitätskriterien wie Größe, Form und Infiltration. Zusätzlich haben auch Datenmenge und Informationsdichte weiter zugenommen, sodass die Erstellung eines virtuellen 3D-Modells für den Operateur eine vermehrte kognitive Belastung darstellt [2]. Die Anwendung von computergestützten Assistenzsystemen für die Planung von Operationen ist in der HNO-Heilkunde ein etabliertes Forschungsgebiet. Schon seit Längerem besteht das Bestreben, den Chirurgen durch aussagekräftige Visualisierungen mit präziser Darstellung der individuellen Patientenanatomie dahin gehend zu

unterstützen, die Operationsplanung zu vereinfachen und die Fehlerzahl zu senken. Wie eine solche Unterstützung genau auszusehen hat, um dieses Ziel zu erreichen und in den klinischen Ablauf zu integrieren, darüber gibt es noch keinen Konsens. Fest steht, dass die Visualisierung der Bilddaten nicht nur optimal an den Workflow angepasst, sondern auch die Interaktion für den klinischen Anwender praktikabel und verständlich sein sollte. Eine der für die Operationsplanung essentiellen Fragen ist das Vorhandensein cervicalen Lymphknotenmetastasen. Malignome der Kopf-Hals-Region führen überwiegend zu lokoregionären cervicalen Metastasen. Die Metastasierungsraten bei Primärtumoren am Zungenrund, am Sinus piriformis und am Nasopharynx wird mit bis zu 50% angegeben [3]. Der Nachweis cervicalen Lymphknotenmetastasen kann sich mitunter sehr schwierig gestalten. Das Ausmaß der Metastasierung hat jedoch für die Therapieplanung und die Prognose eine wichtige Bedeutung [4]. Lymphknoten, deren Durchmesser größer als 1 cm ist, werden als suspekt definiert. Weitere Beurteilungskriterien für die Malignität von Lymphknoten sind die topografische Lage, eine rundliche Form, die Vaskularisation oder Relationen zu den Nachbarorganen. Als weiteres wichtiges Kriterium für Malignität wird eine zentrale Nekrose des Lymphknotens beschrieben.



**Abb. 1** 3D-Visualisierung eines transglottischen Larynxkarzinoms mit cervicaler Metastasierung.



**Abb. 2** 3D-Visualisierung der Schilddrüsen- und Gefäßinfiltration.

ben. Diese Kriterien sollten mithilfe der präoperativen Darstellung präzise zu klären sein (◉ **Abb. 1**).

### Präoperative bildgebende Verfahren – Sonografie

Die zweidimensionale B-Mode-Sonografie galt lange als Standarduntersuchung bei der Beurteilung von Weichteilraumforderungen der Kopf-Hals-Region. Sie ist vom geübten Untersucher nicht nur einfach, schnell und vor allem als nicht-invasive diagnostische Maßnahme durchzuführen, sondern sie kann auch Hinweise auf Art, Größe, Vaskularisation und mögliche Gefäßinfiltrationen von Halsweichteilprozessen liefern. Eine sichere Unterscheidung zwischen benignen und malignitätsverdächtigen Lymphknotenschwellungen lässt sich mit der Sonografie jedoch nicht gewinnen. Zusätzlich können aber mithilfe der Farb-Doppler-Sonografie die Dichte und somit auch die Intensität der Durchblutung einer möglichen cervicalen Metastase bestimmt und in Verbindung mit dem Gesamt-Tumorvolumen folglich eine Prognose über die Überlebenszeit von Patienten z. B. mit fortgeschrittenen Kopf-Hals-Tumoren abgeschätzt werden [5].

### Präoperative bildgebende Verfahren – Computertomografie

Die Computertomografie hat sich bis heute als Goldstandard bei der präoperativen Bildgebung von Kopf-Hals-Tumoren etabliert. Insbesondere in Verbindung mit einer Kontrastmittelapplikation lässt diese Untersuchung eine genaue Beschreibung von infiltrativen, raumfordernden und destruierenden Prozessen sowie von Entzündungen zu. Besonders bei der Beschreibung der Abgrenzung solcher Weichteilraumforderungen zu knöchernen oder knorpeligen Strukturen, wie z. B. der Mandibula oder dem Schilddrüsenknorpel ist die Computertomografie allen anderen bildgebenden Maßnahmen überlegen. Insbesondere bei der Beurteilung von Kopf-Hals-Tumoren bezüglich Ausdehnung, Infiltration tiefer gelegener Kompartimente und Knochendestruktion liefert die Computertomografie wertvolle Zusatzinformationen, die der klinischen Untersuchung überlegen sind. Bei der Erkennung von Lymphknoten-Rezidiven ist die Computertomografie mit einer Treffsicherheit von 95% der klinischen Untersuchung (80%) überlegen [6]. Die präoperative Planung erfolgt anhand der Betrachtung der axialen CT-Schichten. Dabei werden einerseits die Ausdehnung des Primär-Kopf-Hals-Tumors als auch das Vorhan-

densein möglicher cervicalen Lymphknotenmetastasen beurteilt. Dies dient der Festlegung einer entsprechenden Tumorklassifikation (TNM, UICC), die anschließend die Grundlage für den Therapieentscheid darstellt [4]. Im Rahmen der operativen Therapie ist es dann vom HNO-Chirurgen erforderlich, die relevanten Informationen einerseits abzurufen, andererseits aus den drei bekannten Schichtungen (axial, koronar, sagittal) ein entsprechendes dreidimensionales virtuelles Modell zu generieren und auf den Operationssitus zu übertragen. Die Weiterentwicklung der Computertomografie (Spiral-CT, 64-Zeilen-Multislice-CT) hat nicht nur zu einer schnelleren Bilddatenaquirierung und zu einer verbesserten Detailauflösung geführt, sondern damit verbunden ist auch die deutliche Erhöhung der relevanten physisch vorhandenen radiologischen Daten, welche vom HNO-Chirurgen verarbeitet und erinnert werden müssen. Die Computertomografie zeigt jedoch auch Nachteile. So kann es zu Fehlinterpretationen durch den Betrachter kommen, wenn z. B. ein den Kopf-Hals-Tumor umgebendes Ödem als Infiltration z. B. des Knorpels oder der großen Halsgefäße beurteilt wird. Hierbei neigt die Computertomografie zu falsch positiven Ergebnissen. Für die Suche nach malignen Tumoren und ihren Metastasen im Kopf-Halsbereich erzielen momentan kombinierte PET-CT-Geräte die besten Ergebnisse. Der Vorteil dieser Geräte liegt in der Verschmelzung der anatomischen Informationen der Computertomografie mit der Identifizierung maligner Prozesse durch die erhöhte metabolische Aktivität der Glukoseutilisation in bestimmten Bereichen durch die Positronen-Emissionstomografie. Der entscheidende Vorteil dieser bildgebenden Maßnahme liegt in der Möglichkeit der Darstellung okkult cervicalen Lymphknotenmetastasen. Jedoch lässt sich bis dato nicht postulieren, dass auf eine Neck dissection verzichtet werden kann, auch wenn die PET-CT keinen Anhalt auf cervicale Lymphknotenmetastasen zeigt. Nicht nur bei der Kontrolle von Tumorrezidiven, sondern auch beim CUP-Syndrom (Cancer of unknown Primary) stellt die PET-CT eine herausragende Bereicherung in der Bildgebung dar (◉ **Abb. 2**).

### Präoperative bildgebende Verfahren – Magnetresonanztomografie

Die Magnetresonanztomografie ist sehr gut geeignet, um Weichteilprozesse darzustellen. Die Unterscheidung zwischen tumoröser, narbiger oder entzündlicher Raumforderung ist hiermit sehr gut durchzuführen, allerdings liegt der klare Nachteil der MRT in der mangelnden Darstellungsfähigkeit in Relation zum

Knochen. Zusätzlich ist die Untersuchung für den Patienten anstrengender als eine Computertomografie (z. B. Dauer der Untersuchung) und erfordert eine gewisse Compliance seitens des Patienten.

### Möglichkeiten und Nutzen der 3D-Visualisierung

Der Einsatz von Methoden der Bildverarbeitung und des Postprocessing ist in der Medizin in den letzten Jahren immer wichtiger geworden. Noch vor einigen Jahren wurde häufig bezweifelt, dass die Radiologie von einer Computerunterstützung profitieren könne. Nun haben Veränderungen wie die Verbesserung der Computertechnik, das Einführen von Bildstandards wie DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) und die technologische Weiterentwicklung des Internets mit schneller Datenübertragung weitgehend zu einem Meinungswechsel geführt. Auch die interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Radiologen, Chirurgen und technischen Entwicklern hat stetig zugenommen. Dabei wird das Ziel verfolgt, mittels computerunterstützter Verfahren einen Informationsgewinn zu erreichen und dadurch diagnostische Fehler zu reduzieren sowie therapeutische Eingriffe zu unterstützen. Die Nachbearbeitung radiologischer Rohdaten wird als Postprocessing bezeichnet. Es kann zu einer Verbesserung der Bilddaten benutzt werden. In computertomografischen Daten können z. B. Metallartefakte beseitigt, das Bildrauschen reduziert oder die Kantenschärfe verändert werden. Zusätzlich können die Segmentierung und die Visualisierung eingesetzt werden. Die relevanten anatomischen Strukturen der Datensätze werden identifiziert, segmentiert und danach mittels einer geeigneten 3D-Visualisierung dargestellt. Die Segmentierung fasst in Bilddaten benachbarte Pixel bzw. Voxel durch Verbinden zu zusammenhängenden Regionen unter Berücksichtigung eines Homogenitätskriteriums zusammen. Sie ist ein wichtiges Teilgebiet der Bildanalyse und bildet die Grundlage für weitere Arbeitsschritte.

Der Einsatz der Segmentierung für die Bearbeitung radiologischer Bilddaten hat in der Medizin in den letzten Jahren immer mehr zugenommen. Ziel ist die Abgrenzung und die vollständige, zusammenhängende und überdeckungsfreie Abbildung von diagnostisch oder therapeutisch wichtigen anatomischen Strukturen. Die Segmentierungsergebnisse können z. B. unterstützend für die Diagnosestellung, die Operationsplanung und zur Definition des Arbeitsbereiches bei der computerassistierten Chirurgie eingesetzt werden. Spezielle Möglichkeiten der Segmentierung sind die genaue Darstellung der patientenspezifischen Morphologie, die Fertigung virtueller anatomischer Modelle für Planung und Durchführung der Operation und die Ein- und Ausblendung interessierender und unwichtiger Strukturen. Des Weiteren ist es möglich, Entfernungen zu vermessen und das Volumen anatomischer und pathologischer Strukturen zu berechnen. Die Segmentierung der anatomischen Strukturen kann mittels unterschiedlicher Methoden erfolgen. Dabei nutzen die Verfahren teils die Bildinformation, teils das bereits vorhandene Modellwissen. Die Segmentierungsverfahren für die medizinische Bildanalyse können über das Modellwissen in vier Gruppen gegliedert werden:

Die erste Gruppe bilden die Segmentierungsverfahren ohne Modellwissen; der Anwender muss selbst Informationen für die Segmentierung durch Interaktion einbringen. Beispiele hierfür sind die manuelle Markierung und die interaktive Bildanalyse auf der Basis von volumengereinigten Daten.

Die zweite Gruppe bezieht ihr einfaches Modellwissen aus der Bildaufnahme. Hierzu gehören z. B. das Schwellenwertverfahren, die Wasserscheidentransformation oder das Regionenwachstumsverfahren.

Zu der dritten Gruppe, in der die Verfahren über erweitertes Modellwissen verfügen und damit ihre Information neben der Bildaufnahme auch aus der Berücksichtigung durchgehender Konturen erhalten, gehört die Berechnung optimaler Kantenzüge durch Graphensuche oder dynamische Programmierung.

Die Segmentierungsverfahren der vierten Gruppe beziehen neben den bereits erwähnten noch zusätzliche Informationen aus der erwarteten Gestalt und der erwarteten Grauwertverteilung des Ergebnisses; sie arbeiten mit komplexem Modellwissen. Hierzu gehören die Segmentierung mit deformierbaren Modellen und die „Hough Transformation“.

Grundsätzlich unterscheidet man für die Durchführung der Segmentierung automatische Verfahren und nichtautomatische bzw. semiautomatische Verfahren, bei denen eine zusätzliche Interaktion des Anwenders nötig ist. Für einige Strukturen des Halses wie z. B. die luftgefüllten Strukturen, Knochen und Blutgefäße werden elementare Segmentierungsverfahren wie das Regionenwachstum oder die markerbasierte Wasserscheidentransformation beschrieben. Für luftgefüllte Strukturen wie Pharynx und Trachea wird die Segmentierung mittels eines automatischen Schwellenwertverfahrens angewendet, für die Knochen das Regionenwachstum und für die Lymphknoten semiautomatische Ansätze wie z. B. „Fast Marching“ oder „Aktive Konturen“. Muskeln, Larynx, Speicheldrüsen und Schilddrüse können zufriedenstellend mittels „Live Wire“ bearbeitet werden. Die Abgrenzung zwischen Blutgefäßen und Knochen kann aufgrund eines ähnlichen Grauwertbereiches schwierig sein. Eine Lösung hierfür ist die Isolation der Gefäße mittels interaktiver Wasserscheidentransformation. Sobald die Blutgefäße aus dem Datensatz subtrahiert sind, lassen sich die Knochen unproblematisch segmentieren. Entsprechend wichtig ist daher die Segmentierungsreihenfolge. Auch die Segmentierung der Lymphknoten ist auf Grund ihrer Formvarianz und des nicht eindeutigen Grauwertbereichs schwierig. Dynamische Formmodelle können hier erfolgreich eingesetzt werden. Dabei können in jüngster Zeit zunehmend auch pathologisch veränderte Lymphknoten erfolgreich adressiert werden [7].

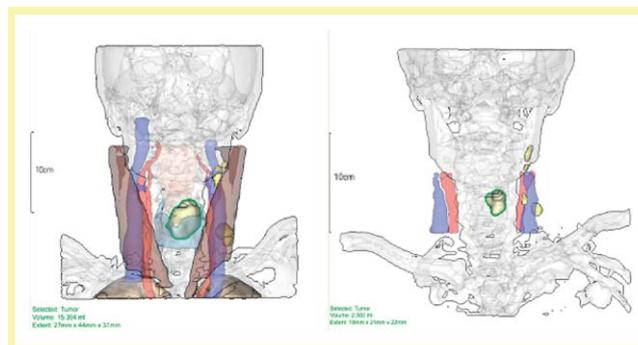
Die Visualisierung in der Medizin befasst sich mit der Darstellung und Exploration radiologischer Bilddaten. Die Visualisierung wird meist in Kombination mit der medizinischen Bildanalyse angewendet. Erste konkrete Methoden zu qualitativ hochwertigen Visualisierungen wurden bereits in den achtziger Jahren entwickelt. Seit Mitte der neunziger Jahre wurde der Visualisierungsschwerpunkt auf spezielle klinische Fragestellungen gelegt [8]. In den letzten Jahren konnten die Visualisierungsverfahren mithilfe besserer Hardwareunterstützung, durch 3D-Texturmapping und weiter entwickelter Grafikkarten immer mehr verbessert und beschleunigt werden. Bei der 3D-Visualisierung werden einerseits die Oberflächenvisualisierung und andererseits die direkte Volumenvisualisierung eingesetzt. Für die Darstellung der Bilder gibt es viele verschiedene Möglichkeiten:

Die Farben des Bildes können angepasst und verändert werden. Für eine genaue Ansicht können Rotationen und Vergrößerungen durchgeführt werden. Eine weitere Möglichkeit ist das Legen von Clipsebenen. Hierbei können die Objekte an einer beliebigen Stelle abgeschnitten werden, sodass ein virtueller Einblick in die inneren Strukturen entsteht. Strukturen, die segmentiert wurden, können ein- und ausgeblendet werden. Des Weiteren

können interessierende Bereiche hervorgehoben werden: Hierfür kommt neben der einfachen Markierung der Regionen durch Symbole oder Pfeile die Anwendung von Transparenzen zum Einsatz. Objekte, die vor anderen liegen, können transparent dargestellt werden und so den Blick auf weiter hinten Liegendes möglich machen. Werden mehrere Objekte transparent dargestellt, kann das Einbringen von Silhouetten und inneren Konturen zur besseren Abgrenzung der Strukturen hilfreich sein. Weitere Option sind die sogenannten Cutaway-Ansichten: Dabei werden Bereiche von Strukturen „ausgestanzt“, um ebenfalls einen Einblick auf verdeckt liegende Strukturen zu ermöglichen. Zur gleichmäßigeren Ansicht können Objekte nachbearbeitet und geglättet werden. Für weitere Fragestellungen können interaktive Vermessungswerkzeuge angewendet und virtuelle Resektionen durchgeführt werden. Günstig wäre, dass beim Auswählen einer Struktur in der 3D-Darstellung die Struktur in der 2D-Darstellung automatisch gekennzeichnet würde. Dadurch könnte die Korrektheit der Abbildungen überprüft und der Bezug zwischen den Darstellungen verdeutlicht werden. Die 3D-Visualisierungen sollten frei rotierbar sein, und beim Hervorheben interessierender Strukturen sollte die nicht vermeidbare Modifizierung von angrenzenden Strukturen möglichst gering sein. Bei routinemäßig durchgeführten Visualisierungen sollte auf eine gewisse Standardisierung z. B. bei der Farbwahl oder bei Sichtrichtungen geachtet werden.

Die Computerunterstützung und Bildanalyse in der Medizin ist Gegenstand intensiver Forschungsarbeit. Trotzdem bleibt das Vorhaben, Computerunterstützung effizient und effektiv in den medizinischen Alltag zu integrieren, schwierig. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Bei den meisten Bildbearbeitungen ist immer noch ein hoher Zeitaufwand nötig, der klinische Anwender ist häufig durch die Komplexität der technischen Abläufe überfordert, und Studien scheiterten vielfach an der Überwindung der Testvorlaufphase bei der Integration der Anwendung in den klinischen Arbeitsablauf. Sowohl die Machbarkeit und der Nutzen von dreidimensionalen Darstellungen als auch eine kognitive Entlastung durch die dreidimensionale Darstellung wird bereits beschrieben.

Unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur sind für die meisten klinischen Fragestellungen in der HNO-Chirurgie maximal semiautomatische Algorithmen vorhanden, vollautomatische werden zwar als notwendig und absolut erstrebenswert angesehen, existieren aber kaum. Im Bereich des Halses ist die Bildanalyse aus einigen Gründen schwierig. Viele Weichteilgewebe mit ähnlichen Grauwertbereichen liegen relativ nah und teilweise verbunden nebeneinander. Die anatomischen Strukturen haben eine variable Form, was die modellhafte Beschreibung erschwert. Besonders bei den malignen Prozessen ist vorhandenes Formwissen nur bedingt anwendbar bzw. muss gezielt modifiziert werden. Für die präoperative Planung und die Darstellung von suspekten Lymphknoten am Hals existieren derzeit keine computerunterstützten Verfahren, die bereits routinemäßig angewandt werden. Die technische Entwicklung macht jedoch derzeit deutliche Fortschritte auf diesem Gebiet [9]. Die vollautomatische Segmentierung von computertomografischen Datensätzen des Halses wird kontrovers beschrieben. Einige Autoren bezeichnen sie als nicht möglich, andere beschreiben eine vollautomatische Methode zur Segmentierung der Halsstrukturen – allerdings ohne Segmentierung der Lymphknoten. Die Machbarkeit einer semiautomatischen Segmentierung inklusive der Lymphknoten des Halses wurde bereits beschrieben.



**Abb. 3** Tumorummetrie eines cT3cN2b glottischen Larynxkarzinoms vor/nach 1. Zyklus TPF.

## Ausblick



Der bisher beschriebene Zeitaufwand für dreidimensionale Bildbearbeitungen schwankt in der Literatur zwischen 60 und 120 Minuten. Somit haben standardisierte Verfahren bisher keinen Eingang in die klinische und diagnostische Routine erfahren. Probleme hierbei bilden einerseits manuelle und semiautomatische Segmentationschritte, bzw. die Erfordernis, automatische Segmentierungen manuell nachzubearbeiten. Neue modellbasierte Segmentierungsverfahren, z. B. zur Segmentierung von relativ formkonstanten Strukturen wie Schild- und Ringknorpel oder von vergrößerten Lymphknoten führen zu einem deutlich verkürzten Zeitbedarf für die Segmentierung. Für das Durchführen einer automatischen Segmentierung bedarf es herausragender Bilddaten, damit kontrastmittelaufnehmende Strukturen sich deutlich von der Umgebung abgrenzen und eine möglichst hohe Detailauflösung erzielt wird. Hierfür eignen sich CT-Datensätze mit einer Schichtdicke von maximal 1 mm. Moderne Rechnersysteme mit ausreichend Arbeitsspeicher sind in der Lage, solche großen Datenmengen, die bei einem Dünnschicht-CT-Datensatz anfallen, zu verarbeiten. Andere Arbeiten zum Thema 3D-Prozessierung bei Kopf-Hals-Tumoren gehen bisher von einer ausreichenden Auflösung bei 4 mm-Schichten aus. Dabei kommen sowohl MRT- als auch CT-Daten zum Einsatz [10, 11]. Einen weiteren Vorteil für die präoperative Planung bieten neue Funktionen der Visualisierung. So ist es unter anderem möglich, nicht nur Größen und Distanzen zu bestimmen, sondern ebenfalls die Augmentation von Regionen einer möglichen Infiltration zwischen Lymphknoten und Gefäßen bzw. des Primärtumors und Knochen darzustellen. Somit bietet die 3D-Prozessierung von hochauflösenden CT-Bilddaten eine neue Qualität in der präoperativen Planung sowie eine effiziente Informationsbereitstellung für den HNO-Chirurgen. Ein weiterer Nutzen der 3D-Bildprozessierung ist die Dokumentation und Verlaufskontrolle von Tumorumminalen, wie sie z. B. bei der neoadjuvanten Chemotherapie benötigt wird. Das Tumorumminal stellt ebenso einen hinreichenden prognostischen Faktor für die Beurteilung des Erkrankungsstandes bzw. für den weiteren erforderlichen Therapieverlauf im Rahmen von Induktionstherapien dar [10]. Nicht nur in der HNO, sondern auch in anderen chirurgischen Fachgebieten, aber insbesondere in der medikamentösen Tumortherapie kommt die 3D-Bildprozessierung zum Einsatz (● **Abb. 3**). So ist die CT-basierte Tumorummetrie beim metastasierten Nierenzellkarzinom mit einer höheren Sensitivität angegeben im Vergleich zu einer Beurteilung anhand der RECIST-Kriterien [12]. Besondere Aufmerksamkeit sollte den

kombinierten PET-CT geschenkt werden. Arbeiten zur Tumorummetrie bei der neoadjuvanten Chemotherapie von Magenkarzinomen zeigen nicht nur eine suffiziente Beurteilung des Erkrankungsstandes anhand der Volumetriedaten, sondern auch anhand der Reduktion des SUV bei der PET [13].

## Abstract

### Three-dimensional Visualization for Preoperative Planning and Evaluation in Head and Neck Surgery

There are a lot of diagnostic possibilities for the preoperative planning in head and neck surgery. So far, no study was performed to evaluate if there is an advantage of three-dimensional visualization compared to conventional computed tomography yet. Additionally, there are no specifications for such a visualization prior surgery in head and neck surgery. This work describes different possibilities for segmentation and three-dimensional visualization for preoperative planning in head and neck surgery and tumor volumetry compared to conventional computed tomography. We describe new techniques and specifications for three-dimensional visualization.

#### Institute

<sup>1</sup> Klinik und Poliklinik für HNO-Heilkunde/Plastische Operationen, Universitätsklinikum Leipzig AöR, Direktor: Prof. Dr. med. habil. Andreas Dietz

<sup>2</sup> St. Marien-Krankenhaus Berlin, Innere Medizin I

<sup>3</sup> ICCAS, Innovation Center Computer Assisted Surgery, Universität Leipzig

<sup>4</sup> Institut für Simulation und Grafik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

#### Literatur

- 1 Grevers C. Bildgebende Diagnostik in der Hals-Nasen-Ohrenheilkunde – eine aktuelle Standortbestimmung. *Laryngorhinootologie* 1997; 76: 629–636
- 2 Cao L, Su H, Cao Z. A study on sampling strategies in the figure cognitive process. *J Zhejiang Univ Sci* 2004; 5: 1160–1164

- 3 Werner JA, Dünne AA, Lippert BM. Indikationen zur Halsoperation bei nicht nachweisbaren Lymphknotenmetastasen, Teil 1: Grundlagen zum lymphogenen Metastasierungsverhalten von Kopf-Hals-Karzinomen. *HNO* 2002; 50: 253–263
- 4 Wenzel S, Sagowski C, Kehrl W, Metternich FU. The prognostic impact of metastatic pattern of lymph nodes in patients with oral and oropharyngeal squamous cell carcinomas. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2004; 261: 270–275
- 5 Dietz A, Delorme S, Rudat V, Zuna I, Conradt C, Vanselow B, Weidauer H. Prognostic assessment of sonography and tumor volumetry in advanced cancer of the head and neck by use of Doppler ultrasonography. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2000; 122: 596–601
- 6 Lenz M, Kersting-Sommerhoff B, Krelz S, Helmberger H, Brandstetter K, Bautz W. Wertigkeit der Computertomographie bei der Diagnose von Lokal- und Lymphknotenrezidiven von Kopf-Hals-Tumoren. *Rofo* 1993; 158: 428–436
- 7 Dornheim L, Dornheim J. Automatische Detektion von Lymphknoten in CT-Datensätzen des Halses. *Bildverarbeitung für die Medizin* 2008: 308–312
- 8 Bernhard Preim, Dirk Bartz. *Visualization in Medicine. Theory. Algorithms and Applications.* Morgan Kaufmann Publishers, Elsevier, Burlington, USA; 2007
- 9 Dornheim J, Dornheim L, Preim B, Strauß G. Modellbasierte Segmentierung von Weichgewebestrukturen in CT-Datensätzen des Halses. In: D. Bartz, S. Bohn, J. Hoffmann, eds. *CURAC.08 Tagungsband.* Leipzig; September 2008; 197–200
- 10 Rohde S, Kovacs AF, Berkefeld J, Turowski B. Reliability of CT-based tumor volumetry after intraarterial chemotherapy in patients with small carcinoma of the oral cavity and the oropharynx. *Neuroradiology* 2006; 48: 415–421
- 11 Baghi M, Mack MG, Hambek M, Bisdas S, Muerthel R, Wagenblast J, Gstoettner W, Vogl T, Knecht R. Usefulness of MRI volumetric evaluation in patients with squamous cell cancer of the head and neck treated with neoadjuvant chemotherapy. *Head Neck* 2007; 29: 104–108
- 12 Graser A, Becker CR, Reiser MF, Stief C, Staehler M. Volumetrie von Metastasen beim Nierenzellkarzinom. Vergleich mit den RECIST-Kriterien. *Radiologe* 2008; 48: 850–856
- 13 Lee SM, Kim SH, Lee JM, Im S-A, Bang Y-J, Kim WH, Kim MA, Yang H-K, Lee H-J, Kang WJ, Han JK, Choi BI. Usefulness of CT volumetry for primary gastric lesions in predicting pathologic response to neoadjuvant chemotherapy in advanced gastric cancer. *Abdom Imaging* 2008, Epub ahead of print