

Automatische Annotation medizinischer 2D- und 3D-Visualisierungen

Konrad Mühler¹, Bernhard Preim¹

¹Institut für Simulation und Graphik, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
muehler@isg.cs.uni-magdeburg.de

Kurzfassung. Wir stellen ein Framework vor, mit dem medizinische 2D- und 3D-Visualisierungen automatisch annotiert werden können. Annotationstexte wie Strukturbenennungen oder Kurzbefunde werden so in der Darstellung platziert, dass sie gut lesbar sind und keine anderen Texte oder Strukturen verdecken. Weiterhin führen wir Techniken ein, mit denen sich eine Überfrachtung von Schichtbildern mit Annotationen vermeiden lassen. Unser System kommt sowohl in der chirurgischen OP-Planung wie auch in medizinischen Ausbildungssystemen zum Einsatz.

1 Einleitung

Annotationen spielen bei der Gestaltung von verständlichen Visualisierungen eine wichtige Rolle. Sie bereichern diese sowohl um Informationen wie auch um Hinweise zur Lenkung der Aufmerksamkeit. In chirurgischen Planungssystemen können durch Annotationen Informationen zu einzelnen Strukturen direkt in der Visualisierung eingeblendet werden und müssen nicht umständlich aus anderen Quellen entnommen werden. Solche Informationen können beispielsweise Volumina oder Abmaße von Strukturen sowie Kommentare und Kurzbefunde sein. In Trainings- und Lernsystemen sind automatische Annotationen hilfreich, um Lernenden das Auffinden von Strukturen in den noch ungewohnten 3D-Darstellungen zu erleichtern. Neben automatisch in eine Visualisierung eingefügten Annotationen sind auch zusätzliche, durch den Nutzer eingebrachte, Annotationen relevant, z.B. Bemerkungen eines Radiologen für den planenden Chirurgen.

Annotationen sollten bestimmte Voraussetzungen erfüllen: Die zu annotierenden Regionen werden mit einem Ankerpunkt versehen, der über eine Annotationslinie die Verbindung zum Annotationstext (Label) herstellt. Der Label sollte dabei keine anderen Regionen oder Label verdecken. Die verschiedenen Annotationslinien sollten sich nicht schneiden, um die Zuordnung der Label nicht unnötig zu erschweren. Außerdem sollten die Label so nah wie möglich an den annotierten Regionen platziert werden.

Das Problem der automatischen Annotation von Darstellungen wird seit längerem erforscht. Im Bereich von 2D-Darstellungen liegt der Fokus dabei auf der Annotation von geografischen Karten [1]. [2] platzieren sämtliche Annotationen außerhalb an den Rändern einer Darstellung, was allerdings aufgrund der großen

Objekt-Text-Distanz sowie der starken Häufung von Labeln zu einer erschwerten Zuordnung von Annotationen führt. Trotz vieler Verfeinerungen und Optimierungen der Algorithmen ist kein Verfahren bekannt, welches die Besonderheiten von 2D-Schichtbildern mit segmentierten Regionen und die Problematik der schichtbasierten Kohärenz behandelt.

Für 3D-Darstellungen wurden verschiedene Verfahren vorgestellt. [3] und [4] platzieren die Label innerhalb der Objekte und verformen die einzeiligen Label, um sie der Form der Objektes anzupassen. Hier stellt die schwere Lesbarkeit der Label sowohl durch die Verformung als auch die schlechten Kontraste mit den Oberflächen ein großes Problem dar. Verfahren zur externen Annotation polygonaler Modelle stellten [5] und [6] vor. [5] fixierten dabei die Annotationen in festen Regionen links und rechts neben der Visualisierung. Bei [6] werden die sichtbaren Objekte in einem ColorIDBuffer gerendert, um auf dem resultierenden Bild mit Hilfe einer Distanztransformation mögliche Ankerpunkte innerhalb der Objekte zu identifizieren. Der Text wird nach verschiedenen Layoutparadigmen (kreisförmig, links-rechts verteilt) um die Szene angeordnet, wobei Überschneidungen der Verbindungslinien vermieden werden. Das Verfahren ist allerdings auf einzeilige Label und eine kompakte Szene beschränkt.

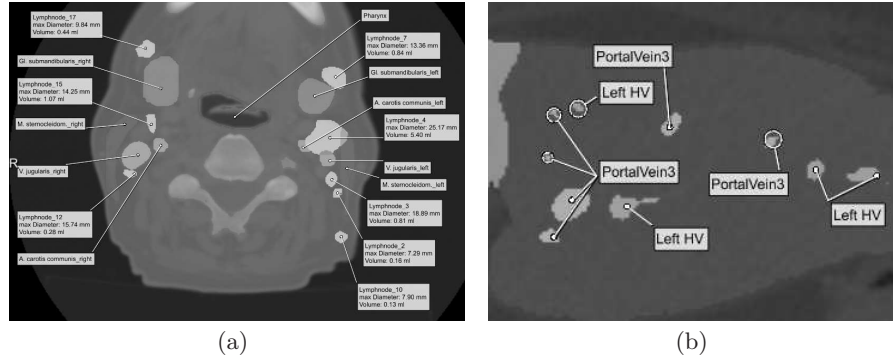
Als Annotationssysteme für medizinische Bilddaten sind [7], [8] und [9] zu nennen. Bei [7] und [8] können 2D-Schichtbilddaten manuell mit Annotationen versehen werden. Der Nutzer ist dabei selbst für die Platzierung verantwortlich. Auch müssen die Annotationen für jedes Schichtbild einzeln neu ausgeführt werden. [9] stellen ein Annotationssystem für den AnatomyBrowser vor, bei dem die Annotationen für 3D-Darstellungen aus einer bestimmten Sicht neben die Darstellung gestellt werden. Überschneidungen von Verbindungslinien werden nicht berücksichtigt.

2 Methoden

2.1 Automatische Annotation in 2D

Wir haben ein Verfahren entwickelt, mit dem sich segmentierte Strukturen in 2D-Schichtbildern automatisch annotieren lassen. Die Datengrundlage der Regionen bilden dabei die MultiCodedSegmentationMasks [10]. Das Verfahren durchläuft zur Annotation eines Schichtbildes 5 Schritte: (I) Zunächst werden die Zusammenhangskomponenten analysiert, um so die zu annotierenden Regionen und freien Bereiche für die Label zu ermitteln. (II) Mit Hilfe einer Distanztransformation wird für jede Region ein Ankerpunkt bestimmt (der Punkt mit der größten Entfernung zum Rand der Region). (III) Mit Hilfe der Distanztransformation werden anschließend für jeden Label anhand seiner Größe alle möglichen Positionen für eine Platzierung in den freien Bereichen ermittelt. (IV) Die Label werden initial an die Position mit der geringsten Distanz zum jeweiligen Ankerpunkt platziert, um abschließend in mehreren Iterationsschritten mögliche Konflikte wie Überschneidungen zu lösen (V). Dabei wirken sich die im 3. Schritt einmalig ermittelten Platzierungspositionen geschwindigkeitssteigernd aus, so dass das gesamte Verfahren in Echtzeit ablaufen kann.

Abb. 1. Annotationen in 2D-Schichtbildern: (a) Annotation wichtiger Strukturen des Halses zur OP-Planung. (b) Annotation von Gefäßen der Leber. Dabei wurden benachbarte Regionen der gleichen Struktur gruppiert und kleine Strukturen eingekreist.



Gruppierung: Gerade bei vaskulären Strukturen ist es typisch, dass diese in vielen einzelnen, kleineren Regionen in einem Schichtbild auftreten. Aus diesem Grund können Annotationen der gleichen Struktur in unserem Verfahren gruppiert werden, wenn die verschiedenen Ankerpunkte nahe genug beieinander liegen (Abb. 2(b)).

Kleine Strukturen: Sehr kleine, nur wenige Voxel große Regionen würden durch Annotationspunkte und -linien meist vollständig verdeckt werden. Daher werden sehr kleine Regionen mit einem Kreis umschlossen (Abb. 2(b)).

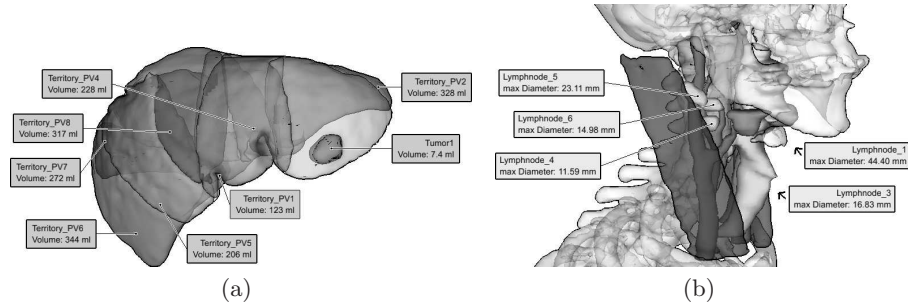
Innere Annotationen: Werden große Teile eines Schichtbildes von einer einzelnen Struktur verdeckt, z.B. dem Leberparenchym, so würden alle Label der innen liegenden Strukturen weit weg von diesen am Rand des Schichtbildes platziert werden müssen, um die große Struktur nicht zu verdecken. Daher berücksichtigt unser Verfahren verschiedene Stufen von Wichtigkeiten einzelner Strukturen. So ist es möglich, dass Label wichtiger Strukturen (z.B. Gefäße) auch Regionen unwichtiger Strukturen überdecken dürfen (z.B. das Leberparenchym).

Kohärenz zwischen Schichtbildern: Wenn die optimalen Positionen der Label für jedes Schichtbild neu berechnet werden, springen die Label beim Durchgehen der Schichtbilder, was störend wirkt und ein Lesen der Label unmöglich macht. Aus diesem Grund berücksichtigt unser Verfahren die im vorherigen Schichtbild durch einen Text belegte Position bei der Neuberechnung. Es wird versucht, den Text solange an dieser Position zu platzieren, wie keine Konflikte oder Überlappungen auftreten und eine Maximaldistanz zum jeweiligen Ankerpunkt nicht überschritten wird.

2.2 Automatische Annotation in 3D

Ein großer Nachteil des Ansatzes von [6] ist die ausschließliche Annotation von sichtbaren Objekten, da eine vollständige Opazität aller Objekte angenommen

Abb. 2. Annotationen in 3D-Visualisierungen: (a) Annotation von Leberterritorien mit ihren Volumina. Der Tumor wurde als sichtbar klassifiziert und daher mit einer normalen Linie annotiert. (b) Annotation der vergrößerten Lymphknoten eines Halses. Für nicht sichtbare Lymphknoten wird per Pfeil die Richtung und Lage angezeigt.



wird. Dies macht die Annotation von Strukturen unmöglich, die durch stark transparente Strukturen verdeckt werden. Wir haben daher das Verfahren um die Möglichkeit erweitert, Strukturen jeglicher Art zu annotieren. Dazu wird für den Fall, dass kein unverdeckter Bereich der Struktur sichtbar ist, ein Hilfsankerpunkt anstelle des sonst aus der Distanztransformation errechneten Ankerpunktes bestimmt. Dabei hat sich das Zentrum der projizierten Bounding Box der jeweiligen Struktur als gute Annäherung erwiesen. Damit ist zwar nicht in jedem Fall die Lage des Ankerpunktes innerhalb der Struktur gewährleistet – z.B. bei extrem konkaven Strukturen. Jedoch tritt dieser Fall in der praktischen Nutzung kaum auf. Je nach dem Grad der Verdeckung wird ein anderer Annotationsstil genutzt. Um den Grad der Verdeckung zu ermitteln, wird an der Stelle des Hilfsankerpunktes ein Strahl in die Szene geschickt und ermittelt, in welchem Maße die zu annotierende Struktur noch sichtbar ist. Gilt die Struktur dabei als sichtbar, so wird sie mit einer normalen Annotationslinie annotiert. Ist die Struktur nicht mehr sichtbar, soll sie aber dennoch annotiert werden (z.B. um auf ihre Bedeutung hinzuweisen), so weist ein Pfeil anstelle einer Annotationslinie in die Richtung der Struktur (Abb. 2). Der Betrachter bekommt so zum Einen die Existenz einer aktuell verdeckten Struktur vermittelt. Zum Anderen kann er durch Anklicken des Labels eine automatische Kameraneupositionierung erreichen [11], so dass die Struktur sichtbar wird.

3 Ergebnisse

Mit Hilfe unseres Annotationsframeworks ist es möglich, medizinische 2D- und 3D-Visualisierungen automatisch mit unterschiedlichen Texten zu annotieren. Bisher aufwändig manuell erstellte Annotationen für Planungsergebnisse bspw. in der Leber- oder HNO-Chirurgie (Abb. 2) können nun automatisch erzeugt werden. Annotationen in 2D unterstützen das Auffinden von Strukturen in Schichtbildern (Abb. 2(a)) und fördern im Zusammenspiel mit 3D-Darstellungen die

Übertragung von 2D-Informationen auf die 3D-Szene. Techniken, wie die Zusammenfassung von Annotationen, verhindern die Überfrachtung von Darstellungen mit Annotationen (Abb. 2(b)). Zusätzlich zu den automatisch erzeugten Annotationen kann der Nutzer eigene Annotationen hinzufügen (z.B. durch Aufziehen von Kugeln in der Darstellung) bzw. bestehende erweitern. Dies können Kommentare eines Experten für einen Lernenden oder Kurzbefunde eines planenden Chirurgen sein. Die dazu erfassten Texte fließen in die automatische Annotationsvisualisierung ein, so dass es auch hier zu keinen Überlappungen kommt.

4 Diskussion

Auch wenn das vorgestellte Framework wesentliche Anforderungen an ein automatisches Annotationssystem für medizinische Visualisierungen erfüllt, wünschen sich unsere medizinischen Partner weitere Interaktionen mit den Labeln selbst. So ist ein erweitertes Ausklappen der Label denkbar, um ausführlichere Informationen. Auch müssen die verschiedenen Darstellungsstile und Interaktionsformen einer genaueren Evaluierung durch ein größeres Kollektiv medizinischer Experten unterzogen werden.

Danksagung. Dieses Projekt wurde im Zusammenhang mit dem SOMIT-FUSION-Projekt durch das BMBF gefördert (FKZ 01-BE03B). Wir danken MeVis-Research für die Bereitstellung von MeVisLab.

Literaturverzeichnis

1. Christensen J, Marks J, Shieber S. An empirical study of algorithms for point-feature label placement. *ACM Trans Graph.* 1995;14:203–232.
2. Bekos MA, Kaufmann M, et al. Mutli-stack boundary labeling problems. In: *Conf on Fd. of Software Techn. and Theoretical Comp. Science*; 2006. p. 81–92.
3. Götzelmann T, Ali K, et al. Form follows function: Aesthetic interactive labels. In: *Computational Aesthetics*; 2005. p. 193–200.
4. Ropinski T, Praßni JS, et al. Internal labels as shape cues for medical illustration. In: *Vision, Modeling, and Visualization*; 2007. p. 203–212.
5. Preim B, Raab A. Annotation von topographisch komplizierten 3D-Modellen. In: *SimVis*; 1998. p. 128–140.
6. Ali K, Hartmann K, Strothotte T. Label layout for interactive 3D illustrations. *J WSCG.* 2005;13(1):1–8.
7. Chronaki C, Zabulis X, Orphanoudakis SC. I2Cnet medical image annotation service. *Med Inform.* 1997;22(4):337–347.
8. Goede PA, Lauman JR, et al. Methodology and implementation for annotating digital images for context-appropriate use in an academic health care environment. *J Am Med Inform Ass.* 2004;11(1):29–41.
9. Lober WB, Trigg LJ, et al. IML: An image markup language. In: *American Medical Informatics Association Fall Symposium*; 2001. p. 403–407.
10. Tietjen C, Mühler K, et al. METK - The medical exploration toolkit. *Proc BVM.* 2008; p. 407–411.
11. Mühler K, Neugebauer M, et al. Viewpoint selection for intervention planning. In: *IEEE/Eurographics Symposium on Visualization*; 2007. p. 267–274.