

Persönliche PDF-Datei für

Wittenberg T., Brischwein M., Nowack S., Chen G.,
Bergen T.

Mit den besten Grüßen vom Georg Thieme Verlag

www.thieme.de

Panoramabildgebung der Blase: Vom Phantom zu präklinischen Experimenten

Endheu 2014; 27: 146–150

Nur für den persönlichen Gebrauch bestimmt.
Keine kommerzielle Nutzung, keine Einstellung
in Repositorien.

Verlag und Copyright:

© 2014 by
Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14
70469 Stuttgart
ISSN 0933-811X

Nachdruck nur
mit Genehmigung
des Verlags

 **Thieme**

Panoramabildgebung der Blase: Vom Phantom zu präklinischen Experimenten

Panoramic Imaging of the Bladder: From Phantom to Preclinical Experiments

Autoren

T. Wittenberg¹, M. Brischwein¹, S. Nowack¹, G. Chen², T. Bergen¹

Institute

¹ Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS, Abteilung für Bildverarbeitung und Medizintechnik, Erlangen, Germany

² The Johns Hopkins Medical School, Baltimore, MD, USA

Schlüsselwörter

- Zystoskopie
- Stitching
- Mosaicking
- Panoramabildgebung
- Bilderverarbeitung

Key words

- cystoscopy
- stitching
- mosaicking
- panorama imaging
- image processing

Zusammenfassung

Zur Untersuchung der Harnblase wird die Blasenwand mittels starrer oder flexibler Zystoskopie in der klinischen Routine visuell begutachtet, um Gewebeveränderungen zu erkennen und zu behandeln. Durch Methoden der digitalen Bildverarbeitung lassen sich aus zystoskopischen Videosequenzen sog. „Panoramabilder“ oder „Mosaik“ in Echtzeit berechnen, mit derer sich der Verlauf und die Vollständigkeit einer Untersuchung darstellen lässt. Zudem lassen sich solche Panoramabilder für eine erweiterte Dokumentation in digitale Patientenakten integrieren. Dieser Beitrag beschreibt ein prototypisches System für die Erstellung von Blasenpanoramen und präsentiert Ergebnisse aus einem Blasenphantom, sowie retrospektiv verrechneten Zystoskopiesequenzen.

Abstract

In order to detect and treat lesions in the bladder, for clinical examinations the bladder wall is visually inspected in the form of rigid or flexible cystoscopies. Using methods of digital image processing, cystoscopic image sequences can be converted in real-time into so-called „panoramic images“ or „mosaics“, which can be used to document the process as well the completeness of such an examination. Furthermore, such digital panoramic images can be included in the digital patient record for enhanced documentation. This contribution describes a prototype for the computation of panoramic bladder images and presents first results based on a bladder phantom and retrospective real cystoscopic videos.

Einleitung

Die Zystoskopie dient der klinischen Untersuchung der Harnblase, um Veränderungen des Gewebes frühzeitig zu erkennen und ggf. behandeln zu können. Für diese Untersuchung wird die Blaseninnenwand mit starren oder flexiblen Zystoskopen systematisch inspiziert. Aufgrund des eingeschränkten Sichtfeldes durch das Endoskop („Schlüssellochperspektive“) ist es schwierig sicherzustellen, dass die Blaseninnenwand vollständig und lückenfrei untersucht wurde.

Mit Methoden der digitalen Bildverarbeitung [1] ist es heute möglich, aus dem Bilddatenstrom einer endoskopischen Untersuchung eine sog. „Panoramaansicht“ zu erzeugen und dem Untersucher anzuzeigen. Um dem behandelnden Arzt unmittelbar einen Eindruck des erweiterten Sichtfeldes und damit ein visuelles Feedback bezüglich der Vollständigkeit der Untersuchung geben zu können, besteht zudem die Möglichkeit, diese Panoramaansicht schon während der Un-

tersuchung zu generieren. Nach deren Abschluss kann ein solches digitales Panorama in Form eines Überblicksbildes sowohl für die Dokumentation der Untersuchung in der Patientenakte abgelegt werden als auch dem Nachweis dienen, dass die Untersuchung vollständig, d. h. lückenfrei durchgeführt wurde. Damit ergeben sich durch solche Panoramabilder neue Möglichkeiten der Qualitätssicherung von zystoskopischen Untersuchungen. Im Vergleich zur konventionellen Dokumentation mittels Videosequenzen kann die Vollständigkeit der Untersuchung auf solchen Panoramen auf einen Blick und damit zeitsparend erfasst werden.

In der digitalen Fotografie und im Zeitalter von „Smartphones“ kann die Erstellung von Panoramabildern, d. h. das Zusammenfügen eines hochaufgelösten Panoramabildes (oder „Mosaiks“) aus vielen Einzelansichten für großflächig zusammengesetzte Landschafts- und Stadtszenen (Abb. 1) mit sog. Stitching- bzw. Mosaicking-technologien weitestgehend als gelöst betrachtet

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1385113>
 Endheue 2014; 27: 146–150
 © Georg Thieme Verlag KG
 Stuttgart · New York ·
 ISSN 0933-811X

Korrespondenzadresse

PD Dr.-Ing. Thomas Wittenberg

Fraunhofer Institut für
 Integrierte Schaltungen IIS
 Am Wolfsmantel 33
 91058 Erlangen
 thomas.wittenberg@iis.
 fraunhofer.de



Abb. 1 270-Grad Panoramabild des Erlanger Schlossgartens.

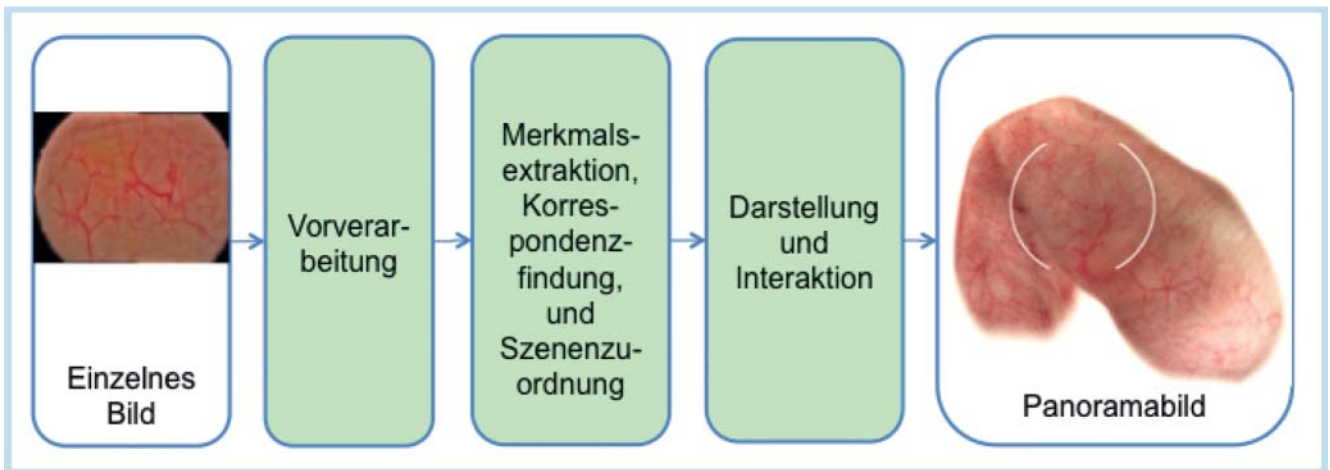


Abb. 2 Arbeitsschritte zur Erstellung eines Blasenpanoramas.

werden [2, 3]. Diese Technologien, mit denen größere Bilder systematisch aus einer Menge von kleineren, sich überlappenden Sichtfeldern erstellt werden, lassen sich grundsätzlich auch auf medizinische Anwendungen übertragen. Beispiele sind u. a. die Zusammenführung mehrerer Radiografien zu einem größeren Bild [4, 5] oder die digitale Mikroskopie, wobei speziell in der Hämatologie, Histologie oder Zytologie bis zu einige hundert Sichtfelder zu einem großen sog. „Virtual Slide“ zusammengeführt werden [6–8]. Die Anwendung solcher Stitchingverfahren in der Endoskopie – und speziell in der Zystoskopie – sind allerdings mit zusätzlichen Herausforderungen und Schwierigkeiten verbunden und lassen sich damit nicht ohne Weiteres übertragen [9–14]. Diese Herausforderungen sind zum einen gekoppelt mit der speziellen Bilderzeugung in der Endoskopie und den damit inhärent verbundenen Einschränkungen im Vergleich zur Erfassung natürlicher Szenen. Zu diesen Einschränkungen zählen starke optische Verzerrungen dünner Endoskope („Tonnenverzerrungen“), eine eingeschränkte Bildauflösung (in HD mit maximal zwei Megapixeln im Vergleich zu heute üblichen digitalen Kameras mit bis zu 20 Megapixeln), dem reduzierten Bildkontrast speziell in den Randbereichen eines Bildes aufgrund der inhomogenen Beleuchtung („Vignettierung“), sowie die auf dem untersuchten Gewebe (der Blasenwand) vorhandenen, aber partiell nur schwach ausgeprägten Strukturen. Zum anderen liegt die Herausforderung in der komplexen Geometrie der Blase, die entsprechend andere mathematische Modelle (z. B. Hemisphäre oder allgemeine Hohlkörper) für die Panoramarekonstruktion erfordert.

Ein Prototyp für die Panoramazystoskopie

Am Fraunhofer IIS wurde in den vergangenen Jahren ein Prototyp für die Panoramazystoskopie entwickelt [15–18]. Die Erstellung solcher Panoramabilder auf der Basis monokularer zystoskopischer Einzelbildsequenzen beruht dabei auf einer Folge spezieller Bildverarbeitungsschritte [19]. Die eingangs genannten Herausforderungen, die sich im Rahmen dieser Verarbeitungsschritte ergeben, werden in diesem Abschnitt kurz skizziert. • **Abb. 2** zeigt einen schematischen Überblick über die einzelnen Arbeitsschritte.

Bildaufbereitung

Die einzelnen Bilder einer Videosequenz werden mithilfe eines Framegrabbers mit ca. 25 Bildern pro Sekunde von der Endoskopiekamera am Zystoskop erfasst. Die geeignete Aufbereitung (Vorverarbeitung) dieser Bilddaten spielt eine wichtige Rolle in der Hinsicht, dass alle nachfolgenden Schritte auf diesen Bildern aufbauen und damit die Qualität des entstehenden Panoramas beeinflussen können. Zunächst wird das Endoskopiesystem mithilfe eines Schachbrettmusters kalibriert, um die Abbildungs- und Verzerrungsparameter von Kamera und Endoskop zu ermitteln. Mithilfe dieser Parameter lassen sich anschließend die radialen und tangentialen Verzerrungen in allen aufgenommenen Bildern korrigieren. Die oben erwähnte Vignettierung am Bildrand wird durch eine Schattenkorrektur ausgeglichen. Bildareale mit Glanzlichtern, die sich gegebenenfalls auf der Blaseninnenwand bilden können, werden für die nachfolgenden Schritte ausgeblendet.

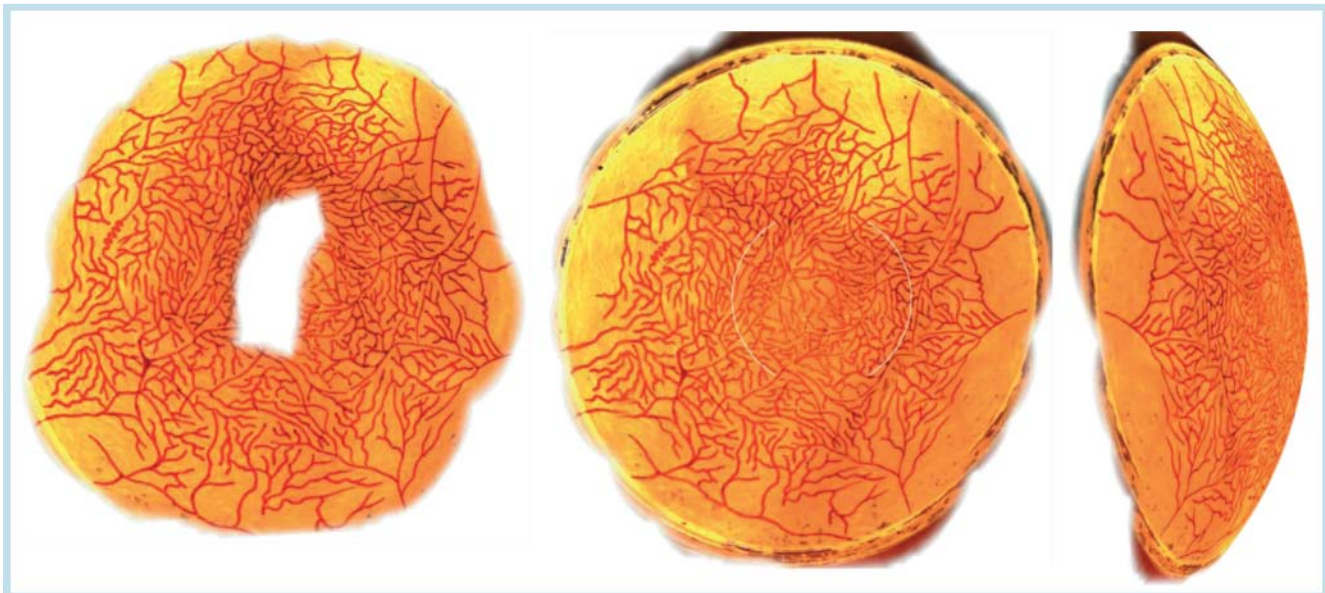


Abb. 3 Panoramabilder eines Blasenphantoms. Links: Unvollständiges Panorama mit „Fehlstelle“; Mitte: Vollständiges Panorama einer Hemisphäre, das aktuelle Bild wird in der Bildmitte dargestellt. Rechts: Ansicht des Panoramabildes und Blick von der Seite.

Merkmalsextraktion und -zuordnung

Für die eigentliche Erstellung eines Panoramabildes werden im nächsten Arbeitsschritt aufeinanderfolgende Bilder miteinander überlagert („registriert“), sodass die darin abgebildeten Strukturen der Blasenwand im Panoramabild übereinander liegen. Derartige Strukturen müssen dabei in allen Bildern zunächst gefunden und danach einander zugeordnet werden. Für diesen Schritt laufen parallel zueinander mehrere Rechenprozesse ab [19]: Während in einem Prozess kontinuierlich in jedem neuen erfassten Bild geeignete Bildmerkmale (i. d. R. Gefäßstrukturen auf der Blasenwand) für die Registrierung extrahiert werden [20], übernimmt ein anderer Prozess deren Zuordnung zueinander in einem gemeinsamen Koordinatensystem. Dabei wird jedes Bild entsprechend der Merkmalszuordnung projektiv transformiert. Da unfokussierte Bilder, Flüssigkeiten, Über- oder Unterbelichtungen, temporäre Gewebedeformationen oder schnelle Endoskopbewegungen die Zuordnung von Merkmalen in aufeinanderfolgenden Bildern erschweren, können einzelne Bilder nicht sofort dem Gesamtpanorama zugeordnet werden, und es wird zunächst ein neues Teilpanorama erzeugt. Durch eine globale Ausgleichsfunktion wird mittels Fehlerminimierung versucht, solche Teilstücke zu einem späteren Zeitpunkt wieder dem Gesamtpanorama zuzuordnen. Falls ein Einzelbild oder eine neue Teilsequenz aufgrund schlechter Bildqualität nicht dem Rest zugeordnet werden kann, werden diese zugunsten jüngerer und besserer Bilder fallengelassen. Da zudem bei langsamen Bewegungen nicht alle Einzelbilder für das Panorama geeignet und notwendig sind, werden bei statischen Sequenzen einige Bilder fallen gelassen und diejenigen bevorzugt, die inhaltlich neue Information zu dem Panorama beitragen.

Panoramadarstellung und -interaktion

Aufbauend auf der Bildregistrierung der Einzelbilder zueinander entsteht sukzessive ein hochaufgelöstes Panoramabild. Da die untersuchte Blase als eine Hemisphäre aufgefasst werden kann, lässt sich das ermittelte Panoramabild für eine geeignete Darstellung auf eine Halbkugel projizieren. Um sichtbare Ränder zweier

benachbarter Bilder im Panorama zu reduzieren, d. h. speziell die verbleibenden Vignettierungsartefakte zu minimieren, werden sog. „Blending“-Verfahren eingesetzt, die einen sanften und visuell angenehmen Übergang zwischen sich gegenseitig überlagernden Bildern ermöglichen.

Da das Panoramabild über die Dauer einer Untersuchung anwächst, wird zur Orientierung für den Untersucher das aktuelle Bild in der Mitte des Panoramas angezeigt, wohingegen der ermittelte Kontext (das Panorama) um das aktuelle Einzelbild als Zusatzinformation dargestellt wird (► **Abb. 2** rechts). Nach Abschluss der Untersuchung kann das ermittelte Panoramabild interaktiv mittels Zoom und Translationsfunktionen (ähnlich „Google Earth“) betrachtet und ggf. mit Annotationen versehen werden. Zudem können die Bewegungen des Endoskops während der Untersuchung als Pfad überlagert werden (► **Abb. 4** rechts).

Experimente und Ergebnisse

Experimente am Blasenphantom

Zur Beurteilung der Eignung der eingesetzten Verfahren für die Berechnung von Panoramaansichten der Blaseninnenwand wurden sowohl Experimente an einem Phantomaufbau als auch mit Videosequenzen verschiedener Blasenspiegelungen durchgeführt. Das Phantom bestand aus einer Kunststoffkugel (Durchmesser 10 cm), in deren Innenseite eine Struktur zur Nachbildung der Gefäße in der Harnblase aufgetragen wurde. Mit einem starren Endoskop (Durchmesser 10 mm, 0-Grad-Optik) wurde das Phantom mehrfach manuell abgefahren und die Videobildraten in Echtzeit, d. h. während der Endoskopführung zu einem Panorama verrechnet. ► **Abb. 3** zeigt beispielhaft drei berechnete Mosaikbilder. Das linke Bild zeigt eine einzelne „Kreisfahrt“, bei der der zentrale Bereich nicht erfasst wurde. Dass die Oberfläche nicht vollständig begutachtet wurde, ist deutlich am entstandenen „Loch“ in der Bildmitte zu erkennen. ► **Abb. 3** (Mitte) zeigt ein vollständiges Panorama einer Hemisphäre. Die weiße Markierung zeigt die Position des aktuellsten in das Panorama eingefügten Einzelbildes. Als Projekti-

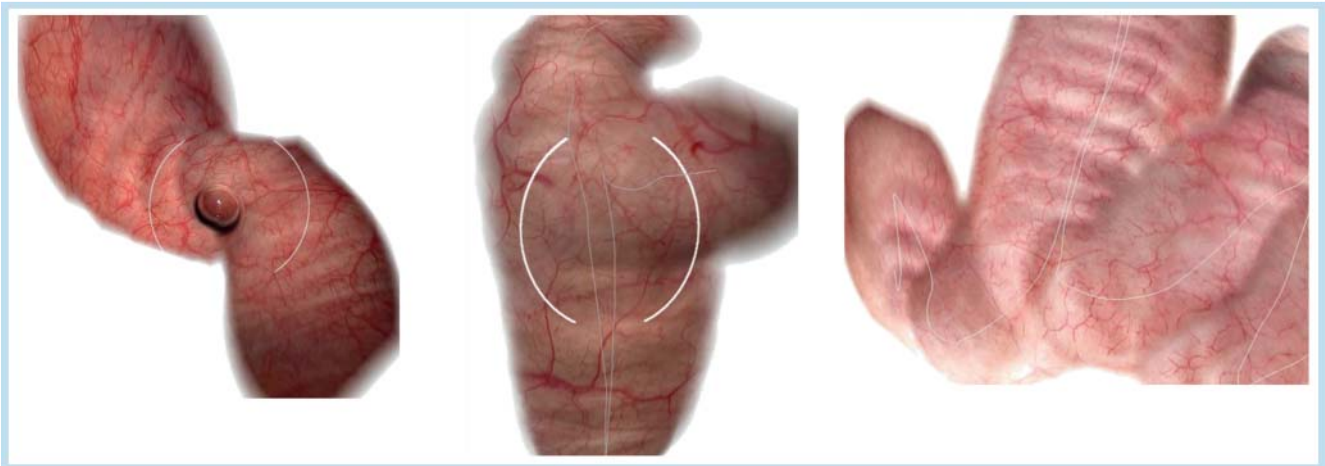


Abb. 4 Retrospektiv berechnete Blasenpanoramen aus zystoskopischen Untersuchungen. Links: Mosaik mit einer Luftblase. Mitte und rechts: Blasenteilpanoramen mit eingezeichneter Endoskopbewegung (weiße Linie).

onsfläche für das Mosaik wurde ein Kugelmodell genutzt (◉ **Abb. 3** rechts). Die Mosaik bestehen jeweils aus ca. 200 Einzelbildern, die von dem vorgestellten Verfahren aus einer Menge von ca. 1000 verfügbaren Bildern ausgewählt wurden.

Experimente an retrospektiven Zystoskopiesequenzen

Neben Untersuchungen am Phantom wurden Berechnungen auf Videosequenzen durchgeführt, die während verschiedenen Zystoskopien an der Johns Hopkins Medical School aufgenommen und für die spätere Verarbeitung abgespeichert wurden.

◉ **Abb. 4** (links) stellt einen Schnappschuss einer Teiluntersuchung dar. Die Luftblase im Zentrum diente dem Arzt als Orientierungspunkt. Die aktuelle Ansicht (durch eine weiße Markierung gekennzeichnet) ist um den Kontext in Form des kontinuierlich wachsenden Mosaiks erweitert. Optional kann auch der mit dem Endoskop zurückgelegte Weg im Panorama eingblendet und als zusätzliche Orientierungshilfe genutzt werden (◉ **Abb. 4** Mitte und rechts). ◉ **Abb. 4** (rechts) zeigt deutlich das vom Untersucher gewählte sternförmige Bewegungsmuster. Aufgrund der Beleuchtungseinstellungen ist der Vignettierungseffekt bei dieser Sequenz besonders ausgeprägt und kann vom vorgestellten Verfahren noch nicht vollständig kompensiert werden. Entsprechende Strukturen sind daher im berechneten Mosaik sichtbar.

Zusammenfassung

Die vorgestellte Panoramaendoskopie kann während einer zystoskopischen Untersuchung der Blase eine neue Art der Bilddatenvisualisierung bieten, in dem die Untersuchung in Form eines dynamisch erstellten Bildpanoramas angezeigt wird. Nicht untersuchte Blasenwandareale werden in Form von Fehlstellen angezeigt (◉ **Abb. 3** links) und geben damit einen Hinweis auf noch zu sichtende Ausschnitte. Experimente an einem Blasenphantom sowie an retrospektiv verrechneten Zystoskopiesequenzen aus klinischen Untersuchungen zeigen, dass sich solche Panoramen in Echtzeit während der Untersuchung berechnen und darstellen lassen. Gleichmaßen kann ein solches großflächiges Panoramabild anschließend mit Vergrößerungs- und Verschiebungsbewegungen interaktiv betrachtet werden. Besondere Stellen (z. B.

Läsionen) lassen sich ggf. mit Pfeilen und Texten markieren. Zudem lässt sich ein solches Bild einfach in eine digitale Patientenakte einbinden und – im Gegensatz zu Videosequenzen – schnell und einfach betrachten und interpretieren.

Beide Ansätze, die Darstellung der Vollständigkeit einer Untersuchung und die erweiterte Dokumentation in der Patientenakte, bieten neue Möglichkeiten zur Qualitätssicherung von Blasenpiegelungen.

Ausblick

▼ Auf der Basis der vorgestellten Panoramaendoskopie lassen sich mehrere unterschiedliche Maßnahmen initiieren. Zum einen ist geplant, diese Methode in einem nächsten Schritt an einem Tierphantom zu validieren, um damit zu evaluieren, inwieweit sich die Erkenntnisse aus den bisherigen Experimenten auf In-vivo-Situationen übertragen lassen und wo gegebenenfalls noch Nachbesserungen in der Bildverarbeitungskette notwendig sind. Gleichmaßen muss der Ansatz zusammen mit Klinikern im Kontext realer Untersuchungen evaluiert werden, um zu ermitteln in welcher Form die Panoramabilder am besten dargestellt werden können und wie ein Nutzer mit diesen Bilddaten am besten interagieren kann.

Das Konzept der Panoramazystoskopie lässt sich auch auf andere endoskopische Untersuchungen wie z. B. die Laparoskopie [21] oder den Kehlkopf [22] übertragen oder auch in Form der Navigationsunterstützung in der Neurochirurgie anwenden [19]. Allerdings müssen für diese alternativen Einsatzszenarien andere Modellannahmen für den untersuchten Hohlraum getroffen werden, da der Bauchraum, der Kehlkopf oder die Keilbeinhöhle nicht als Kugelmodell aufgefasst werden können.

Da die durch die Panoramaendoskopie ermittelten Bilddaten aktuell ausschließlich planarer Natur sind, und unter Nutzung eines Kugelmodells auf eine Hemisphäre projiziert werden, liegt der Schluss nahe, die Form des untersuchten Hohlraums direkt aus den aufgezeichneten Bilddaten zu ermitteln und darzustellen. Derartige Ansätze der Hohlraumrekonstruktion aus monokularen endoskopischen Ansichten sind aktuell Thema unterschiedlicher Forschungsgruppen [10–13] und bedürfen zum heutigen Zeitpunkt gleichmaßen noch eine sehr große Re-

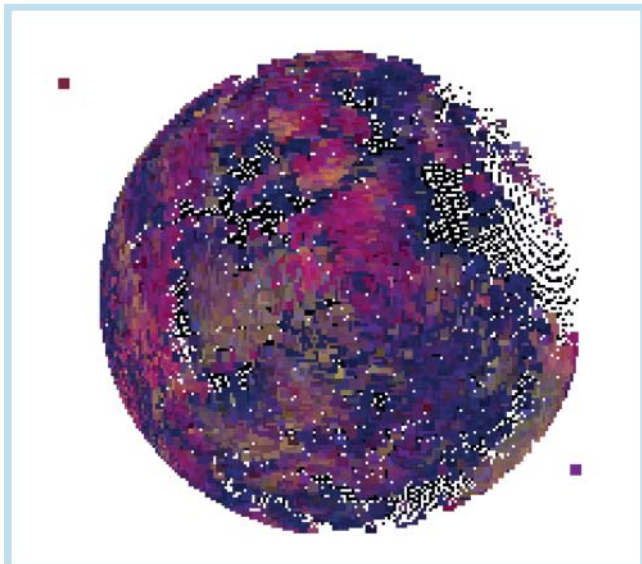


Abb. 5 Dreidimensionale Approximation einer simulierten Blase, berechnet aus ca. 1000 Einzelbildern.

chenleistung als auch eine lange Rechenzeit. Die damit erzielbaren Ergebnisse (Abb. 5) sehen aber bereits vielversprechend aus.

Danksagung

Für die Förderung dieser Arbeit danken wir der Richard und Annemarie Wolf-Stiftung.

Interessenkonflikt: Nein

Literatur

- 1 Capel DP. Image Mosaicing and Super-resolution. Springer; 2004
- 2 Wagner D, Mulloni A, Langlotz T et al. Real-time panoramic mapping and tracking on mobile phones. Proc's IEEE 201 Virtual Reality Conference (VR). Waltham, MA: 20–24.3.2010 211–218
- 3 Pan Q, Arth C, Reitmayr G et al. Rapid scene reconstruction on mobile phones from panoramic images. In Proc's 2011 10th IEEE Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality (ISMAR). Basel: 26–29.10.2011 55–64
- 4 Gramer M, Bohlken W, Lundt B et al. An algorithm for automatic stitching of CR X-ray images. In: Advances in Medical Engineering. Springer Proc's in Physics. 114: 2007
- 5 Wang X, Foos DH, Doran J et al. Fully automatic and reference-marker-free image stitching method for full-spine and full-leg imaging with computed radiography. Proc. SPIE 5368, Medical Imaging 2004: Physics of Medical Imaging, 361 (May 6, 2004); DOI: 10.1117/12.536807

- 6 Steckhan D, Bergen T, Wittenberg T et al. Efficient large scale image stitching for virtual microscopy. In Proc's 30th Annual Int. Conf. Engineering in Medicine & Biology (EMBC). Vancouver, Canada: 2008: 4019–4023 20–24. Aug.
- 7 Appleton B, Bradley AP, Wilderboth M. Towards optimal image stitching for virtual microscopy. Proc's Digital Image Computing: Techniques and Applications, 2005 (DICTA '05). Queensland, Australia: 6–8.12.2005 44+
- 8 Sun C, Beare R, Hilsenstein V et al. Mosaicing of microscope images with global geometric and radiometric corrections. Journal of Microscopy 2006; 224 (2): 158–165
- 9 Behrens A. An Image Mosaicing Algorithm for Bladder Fluorescence Endoscopy. In. Proc's 12th Int. Student Conf. Electrical Eng Prague: 2008
- 10 Soper T, Chandler J, Porter M et al. Constructing spherical panoramas of a bladder phantom from endoscopic video using bundle adjustment. Proc. SPIE 7964 In press. DOI: 10.1117/12.878299
- 11 Yoon W, Brown M, Seibel E. Automated Cystoscopic Surveillance System with Endoscopic Image Mosaicing. In: Mechatronics 2010: The 12th Mechatronics Forum Biennial International Conference, 2010–06–28 – 2010–06–30, Zurich:
- 12 Mountney P, Stoyanov D, Davison A et al. Simultaneous Stereoscope Localization and Soft-Tissue Mapping for Minimal Invasive Surgery. Proc. MICCAI 2006: 347–354
- 13 Mountney P, Yang G. Dynamic View Expansion for Minimally Invasive Surgery using Simultaneous Localization And Mapping. 31st IEEE EMBS Ann. Int. Conf., Minneapolis, Minn., USA, September 2–6, 2009: 1184–1187
- 14 Ishii T, Zenbutsu S, Nakaguchi T et al. Novel Points of View for Endoscopy: Panoramized Intraluminal Opened Image and 3D Shape Reconstruction. J Medical Imaging and Health Informatics 2001; 1.1: 13–20
- 15 Bergen T, Ruthotto S, Münzenmayer C et al. Feature-based real-time endoscopic mosaicking. Proc's IEEE: 6th Int. Symp. on Image and Signal Processing and Analysis, ISPA 2009. September 16–18, Salzburg, Austria: 2009: 695–700
- 16 Bergen T, Wittenberg T, Münzenmayer C et al. A graph-based approach for local and global panorama imaging in cystoscopy. Proc's SPIE Med. Imaging 2013: Image Processing, Orlando, FL, USA: 2013
- 17 Bergen T, Nowack S, Münzenmayer C et al. A hybrid tracking approach for endoscopic real-time panorama imaging. in 17th Annual Conference of the International Society for Computer Aided Surgery, Heidelberg, Germany Int J CARS 2013; 8 (Suppl 1): Springer 352–354
- 18 Bergen T, Nowack S, Münzenmayer C et al. Echtzeit-Panoramaansichten aus endoskopischen Bildern für die Zystoskopie. Endoskopie Heute 2013; 1 (26): P19
- 19 Bergen T, Hastreiter P, Xu T et al. Real-time panorama imaging of sphenoid sinuses from monocular endoscopic views: an update based on clinical experiments, Accepted, to appear in Proc's CURAC September; 2014
- 20 Nowack S, Wittenberg T, Paulus D et al. Merkmalsverfolgung für die Panoramaendoskopie. In Proc's, Bildverarbeitung für die Medizin Heidelberg: 3.–5.03.2013 2013: 205–210
- 21 Bergen T, Münzenmayer C, Schneider A et al. Panorama-Endoskopie für die erweiterte Sicht in chirurgischen Eingriffen – Ein Update. In: DGE-BV: Endoskopie heute (Jahrestagung DGE-BV 2014, Hamburg, 4.4). Stuttgart: Thieme Verlag; 2014
- 22 Schuster M, Bergen T, Reiter M et al. Laryngoscopic Image Stitching for View Enhancement and Documentation – First Experiences. Biomed Engineering/Biomed. Tech. Vol. 57 (S1), 2012. Proc's 46. Jahrestagung der DGBMT, 16.19.9.2012 in Jena