

## Segmentierung und Visualisierung von Lumen und Thrombus bei thorakalen Aortenaneurysmen

Jing Lu<sup>2,3</sup>, Jan Egger<sup>1,2</sup>, Andreas Wimmer<sup>2,3</sup>, Stefan Großkopf<sup>2</sup>, Bernd Freisleben<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Mathematik und Informatik, 35032 Marburg, Deutschland

<sup>2</sup> Siemens Computed Tomography, 91301 Forchheim, Deutschland

<sup>3</sup> Friedrich-Alexander-Universität, Lehrstuhl für Mustererkennung, 91058 Erlangen, Deutschland

### Einleitung

- Thorakales Aortenaneurysma (TAA)
  - Arterielle Gefäßkrankung mit einer dauerhaften Dilatation
  - TAA liegt vor, wenn die Brustaorta betroffen ist
- Behandlung
  - Endoprothesen (Stents) werden in die Arterie eingesetzt (Abb. 1, links) [1]
  - Kammerwanddruck wird reduziert
- Nachuntersuchungen
  - Größenänderung des Aneurysmas wird über den Durchmesser überwacht (Abb. 1, rechts)
  - Sehr zeitaufwändige Schicht-für-Schicht-Untersuchung [2]
- Semiautomatische Segmentierung des Aneurysmas
  - Unterscheidung zwischen Lumen und Thrombus
  - Methode zur Visualisierung des Aneurysmavolumens

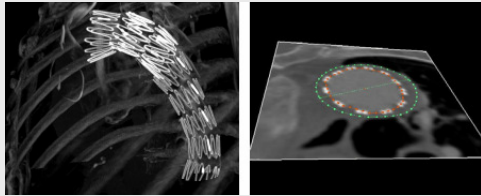


Abb. 1. Postoperative CT-Aufnahme von einem Stent zur Behandlung eines thorakalen Aortenaneurysmas (links). Innere und äußere Kontur und maximaler Durchmesser eines Aneurysmas in einer CT-Schicht (rechts).

### Methoden

- Verarbeitungskette
  - Generierung der Gefäßmittellinie des Lumens
  - Bestimmung der Lumenkontur mittels eines Strahlbasierten Verfahrens (Abb. 2)
  - Segmentierung der Thrombuskontur
    - Anwendung des Verfahrens der Aktiven Konturen (ACM)
    - Opazitätsbilder der einzelnen Schichten liefern die externe Kraft für das ACM [5]
    - Nebenbedingung: mittlere Dichte des Thrombus variiert wenig
- Monitoring
  - Bestimmung des maximalen Durchmessers einer Schicht (Abb. 3, links)
  - Berechnung der Fläche einer Schicht (Abb. 3, rechts)
  - Berechnung des Gesamtvolumens

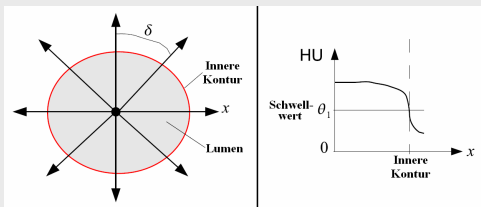


Abb. 2. Vom Mittelpunkt des Lumens in einer CT-Schicht werden Strahlen radial mit einem vorgegebenen Winkel  $\delta$  ausgesandt (links). Grauwertverlauf der ausgesandten Strahlen. Ein Schwellwert  $\theta$ , bestimmt den Übergang zwischen innerer und äußerer Kontur (rechts).

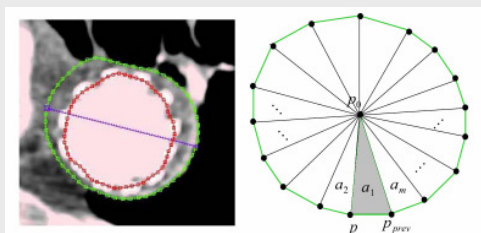


Abb. 3. Innere und äußere Kontur und maximaler Durchmesser eines Aneurysmas in einer CT-Schicht (links). Zur Bestimmung der Fläche wird die Kontur über den Schwerpunkt  $p_0$  und zwei Konturpunkte  $p$  und  $p_{prev}$  trianguliert. Danach werden die Flächen der Dreiecke  $a_1, a_2, \dots, a_m$  aufsummiert (rechts).

### Ergebnisse

- Realisierung der Methoden mit MeVisLab in C++
- Evaluierung
  - Verwendung von CTA-Datensätzen aus der klinischen Routine
  - Variationen in der Anatomie und Lage der Pathologie
- Manuelle Segmentierung
  - Bestimmung der Kontur für jede einzelne Schicht
  - Überprüfung durch einen Radiologen
- Die automatische Segmentierung des Thrombus wurde mit der manuellen Segmentierung verglichen

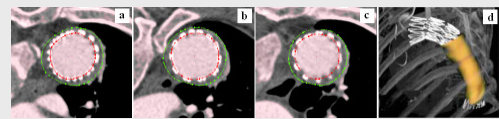


Abb. 4. Segmentierungs- und Visualisierungsergebnisse eines thorakalen Aortenaneurysmas. Lumen und Thrombus sind für drei unterschiedliche CT-Schichten (a, b und c) eingezeichnet. Zusätzlich ist das 3D-Modell des Aneurysmas dargestellt (d).

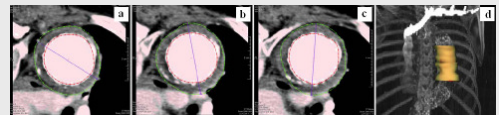


Abb. 5. Segmentierungs- und Visualisierungsergebnisse eines thorakalen Aortenaneurysmas. Lumen, Thrombus und maximaler Thrombusdurchmesser sind für drei unterschiedliche CT-Schichten (a, b und c) eingezeichnet. Zusätzlich ist das 3D-Modell des Aneurysmas dargestellt (d).

### Zusammenfassung

Wir stellen eine Methode zur Segmentierung von thorakalen Aortenaneurysmen vor. Dabei kam es insbesondere auf die Unterscheidung zwischen Lumen und Thrombus an, aber auch auf eine geeignete Visualisierung der beiden Volumina in den CT-Daten. Das vorgeschlagene Verfahren ist ein Beitrag zur Unterstützung der zeitaufwändigen Untersuchungen von thorakalen Aortenaneurysmen. Zum einen können mit dem Verfahren thorakale Aortenaneurysmen vor einem operativen Eingriff beobachtet werden. Dadurch kann festgestellt werden, ob ein Aneurysma eine kritische Größe erreicht hat und eine erhöhte Rupturgefahr besteht und ob das Aneurysma mit einem Stent behandelt werden muss. Zum anderen können mit dem Verfahren die regelmäßigen, zeitaufwändigen Nachuntersuchungen nach einer Behandlung mit einem Stent unterstützt und beschleunigt werden.

### Ausblick

Die Wandspannung (wall stress) soll als weiterer Indikator für eine Aortenruptur vor dem Eingriff überwacht werden [6]. Bei Studien zu Bauchaortenaneurysmen (BAA) hat sich gezeigt, dass die Wandspannung ein zuverlässiger Parameter für die Abschätzung der Rupturgefahr ist [7].

### Referenzen

- [1] Therasse, E., Soulez, G., Giroux, M.-F., Perreault, P., Bouchard, L., Blair, J.-F., Beaudoin, N., Benko, A., Oliva, V. L.: Stent-Graft Placement for the Treatment of Thoracic Aortic Diseases. *Radiographics* 25 (2005) 157–173.
- [2] Fröhlich, I.: Morphometrische Untersuchung nach stentgestützter Ausschaltung thorakaler Aortenaneurysmen. Dissertation der Medizin der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm (2006).
- [3] Bodur, O., Grady, L., Stillman, A., Setser, R., Funke-Lea, G., O'Donnell, T.: Semi-Automatic Aortic Aneurysm Analysis. *Proceedings of the SPIE*, Volume 6511 (2007) 65111G.
- [4] De Bruijne, M., van Ginneken, B., Niessen, W. J., Loog, M., Viergever, M. A.: Model-based Segmentation of Abdominal Aortic Aneurysms in CTA Images. *Proceedings of the SPIE*, Volume 5032 (2003) 1560–1571.
- [5] Levoy, M.: Display of Surfaces from Volume Data. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Bd. 8, Nr. 3 (1988) 29–37.
- [6] Borghi, A., Wood, N. B., Mohiaddin R. H., Yun Xu, X.: 3D geometric reconstruction of thoracic aortic aneurysms. *BioMedical Engineering OnLine* 5:59 (2006).
- [7] Fillinger, M. F., Marra, S. P., Raghavan, M. L., Kennedy, F. E.: Prediction of rupture risk in abdominal aortic aneurysm during observation: Wall stress versus diameter. *Journal of Vascular Surgery* 37(4) (2003) 724–32.