

## Segmentierung von Aortenaneurysmen in CTA-Bildern mit dem statistischen Verfahren der Active Appearance Models

Katharina Greiner<sup>1,2</sup>, Jan Egger<sup>2,3</sup>, Stefan Großkopf<sup>2</sup>, Jens N. Kaftan<sup>2,4</sup>, Ralf Dörner<sup>1</sup>, Bernd Freisleben<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Fachhochschule Wiesbaden, Fachbereich Design Informatik Medien, 65197 Wiesbaden, Deutschland

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

<sup>3</sup> Philipps-Universität Marburg, Fachbereich Mathematik und Informatik, 35032 Marburg, Deutschland

<sup>4</sup> RWTH Aachen, Lehrstuhl für Bildverarbeitung, 52074 Aachen, Deutschland

### Einleitung

#### • Aortenaneurysma

- Arterielle Gefäßerkrankung mit einer dauerhaften Dilatation der Aorta
- Thorakales Aortenaneurysma (TAA) liegt vor, wenn die Brustorta betroffen ist
- Abdominales Aortenaneurysma (AAA) liegt vor, wenn die Bauchorta betroffen ist

#### • Behandlung

- Endoprothesen (Stents) werden in die Arterie eingesetzt [2] (Abb. 1)
- Kammerwanddruck wird reduziert

#### • Nachuntersuchungen

- Größenänderung des Aneurysmas wird u.a. über den Durchmesser überwacht
- Sehr zeitaufwändige Schicht-für-Schicht-Untersuchung

#### • Ziele der automatischen Segmentierung des Aneurysmas:

- Segmentierung der äußeren Kontur (Thrombuskontur)
- Reproduzierbare Segmentierung
- Beschleunigung des Segmentierungsprozesses gegenüber manueller Segmentierung

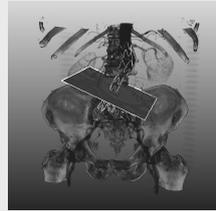


Abb. 1. Postoperativer CT-Scan eines AAA mit eingesetztem Y-Stent. Eine MPR-Ebene orthogonal zur Gefäßorientierung ist im Bild sichtbar.

### Methoden

#### • Vorbereitung:

- Voraussetzung: Referenzsegmentierung
- Verwendung von MPRs orthogonal zur lokalen Gefäßorientierung (Abb. 1) → 2D-Bilder
- Annotation der Thrombus- bzw. Lumenkontur durch automatische Generierung von Pseudo-Landmarken

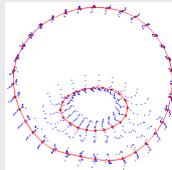


Abb. 2. PDM eines Aneurysmenquerschnittes bei Annotation von Thrombus- und Lumenkontur.

#### • Active Appearance Models [8]:

- Statistische Analyse von **Form** (Koordinaten der Landmarken als Vektor, Abb. 2) und **Textur** (Pixeldaten im Bildausschnitt, der das Objekt beinhaltet, als Vektor)
- Reduktion der Modellparameter durch Hauptkomponentenanalyse (Abb. 4)
- Generativer Ansatz: Durch Parametrierung des AAM wird eine Modellinstanz erzeugt, die durch Minimierung der **Texturdifferenz** iterativ auf die Bilddaten angepasst wird.

#### • Training des Active Appearance Models:

- Verschiedene **Annotationsvarianten** (Abb. 3): Auswirkung auf die Strukturierung der Textur im Modell, Einbeziehung eines Randbereiches, Border-AAM (nur Randbereich)
- **Texturnormalisierung** durch Offset und Skalierung: Entzieht dem Modell die Information über die tatsächlichen Intensitätswerte

#### • Daten und Parameter:

- Verwendung von CTA-Datensätzen aus der klinischen Routine (prä- und postoperativ)
- Durchschnittlich 26 MPRs pro Datensatz
- ca. 80 signifikante Eigenwerte, die mind. 98% der Varianz im Trainingsset repräsentieren

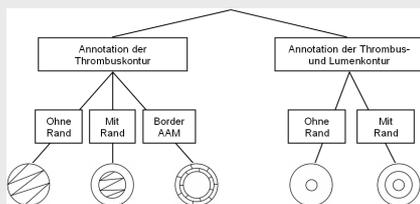


Abb. 3. Unterschiedliche Konfigurationen der Annotation für das Training der Active Appearance Models.

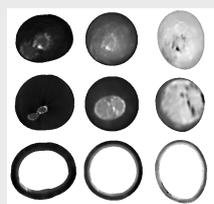


Abb. 4. Signifikantester Variationsmodus bei Annotation der Thrombuskontur (o.), Thrombus- und Lumenkontur (m.) bzw. Border-AAM (u.).

• Die Methoden wurden mit MeVisLab in C++ unter Verwendung der freien AAM-Bibliothek AAM-API [9] realisiert.

### Ergebnisse

#### Evaluierung:

- Leave-One-Out-Tests
- Vergleich der automatischen Segmentierung mit der Referenzsegmentierung: Point-To-Curve-Distance (Abb. 5)

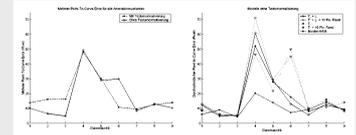


Abb. 5. Mittlerer Point-to-Curve-Fehler für Modelle mit bzw. ohne Texturnormalisierung (links). Point-to-Curve-Fehler bei unterschiedlichen Trainingsmethoden für Modelle ohne Texturnormalisierung (rechts). (T.: Annotation der Thrombuskontur, L.: Annotation der Lumenkontur)

#### • Beobachtungen:

- AAM tendiert dazu, die Textur vorrangig auf das Lumen anzupassen (Abb. 6)
- Border-AAM liefert die stabilsten Ergebnisse

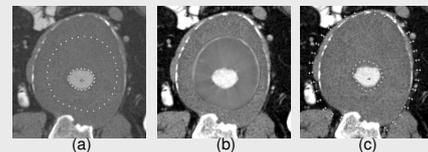


Abb. 6. Beispiel, bei dem die Kontur fehlerhaft innerhalb des Thrombus liegt (a). (b) zeigt die gehörige generierte Textur und (c) das entsprechende Ergebnis bei Ergänzung des Modells und der Segmentierung um einen Randbereich von 10 Pixeln.

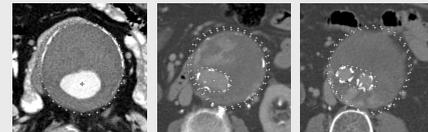


Abb. 7. Segmentierungsergebnis der Thrombuskontur in einer präoperativen CTAufnahme eines AA (links). Segmentierungsergebnis der Thrombuskontur und des Lumens bei einer postoperativen CT-Aufnahme mit implantiertem Stent (Mitte) bzw. Y-Stent (rechts).

### Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde ein statistisches Verfahren zur automatischen Segmentierung von Aortenaneurysmen vorgestellt. Ziel war es, die aufwändige manuelle Segmentierung zu beschleunigen und reproduzierbare Ergebnisse zu erzeugen.

Zielsetzung war in erster Linie eine Segmentierung der äußeren Kontur des Aneurysmas. Die Problematik der Thrombussegmentierung liegt insbesondere im geringen Kontrast zwischen Thrombusgewebe und den umliegenden Gewebestrukturen.

Im Zuge unserer Versuchsreihen hat sich herausgestellt, dass das Modell aufgrund des verwendeten Fehlermaßes (Texturdifferenz) bei einigen CT-Schichten dazu tendiert, die generierte Textur vorrangig auf das Lumen anzupassen, so dass die äußere Kontur innerhalb des Thrombus liegt. Dies ist auf den hohen Kontrast zwischen Thrombus und Lumen zurückzuführen. Diesem Problem kann dadurch entgegengewirkt werden, dass ein schmaler Rand vom umgebenden Gewebe in das Modell einbezogen wird. Dieser zusätzliche Rand enthält Texturinformationen, die ein Kantenmodell realisieren.

Unsere Tests haben gezeigt, dass die Segmentierung von Aortenaneurysmen mit Active Appearance Models möglich ist, eine Evaluation der Methode auf einem größeren Trainingsset steht jedoch noch aus.

### Referenzen

- [1] Treska V, Novak M. Rupture of abdominal aortic aneurysm – factors of mortality. Bratisl Lek Listy. 2006;107(1-2):22–25.
- [2] Blankensteijn JD, de Jong SECA, Prinssen M, et al . Two-Year Outcomes after Conventional or Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysms. N Engl J Med. 2005;352:2398–2405.
- [3] Lu J, Egger J, Wimmer A, et al . Segmentierung und Visualisierung von Lumen und Thrombus bei thorakalen Aortenaneurysmen. In: Proc CURAC; 2007. p. 251–254.
- [4] Subasic M, Loncaric S, Sorantin E. 3-D Image Analysis of Abdominal Aortic Aneurysm. In: Proc SPIE. vol. 4684; 2002. p. 1681–1689.
- [5] Olabarriaga SD, Rouet JM, Fradkin M, et al . Segmentation of Thrombus in Abdominal Aortic Aneurysms From CTA With Nonparametric Statistical Grey Level Appearance Modeling. IEEE Trans Med Imaging. 2005;24(4):477–485.
- [6] Bodur O, Grady L, Stillman A, et al . Semi-automatic Aortic Aneurysm Analysis. In: Proc SPIE. vol. 6511; 2007. p. 65111G.
- [7] de Bruijne M, van Ginneken B, Viergever MA, et al . Interactive Segmentation of Abdominal Aortic Aneurysms in CTA Images. Med Image Anal. 2004;8(2):127–138.
- [8] Cootes TF, Edwards GJ, Taylor CJ. Active Appearance Models. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell. 2001;23(6):681–685.
- [9] Stegmann MB, Ersbøll BK, Larsen R. FAME - A Flexible Appearance Modelling Environment. IEEE Trans Med Imaging. 2003;22(10):1319–1331.