

# Erstellung von 3D-Cochleamodellen mit variabler geometrischer Vereinfachung

D. Schurzig, G. Leifeld, G. J. Lexow, Th. S. Rau, Th. Lenarz, O. Majdani

HNO-Klinik und Deutsches Hörzentrum Hannover (DHZ)  
der Medizinischen Hochschule Hannover (Direktor: Prof. Th. Lenarz)

## Motivation

Finite-Elemente-Software wird im Bereich der Cochleaimplantation unter anderem dazu verwendet, die während der Insertion des Elektrodenarrays auftretenden Kräfte und die auf die Nervenfasern wirkenden elektrischen Felder vorherzusagen. In solchen Softwaretools kann aber häufig nicht die gesamte Komplexität der Cochleageometrie berücksichtigt werden. Es gibt deshalb diverse Ansätze, die eigentliche Geometrie durch Strukturen wie Kreise [1,2], Ellipsen [3] oder Stadionovale [4] nachzuempfinden. Diese passen sich jedoch nicht der realen Geometrie an, welche sich von Basis zu Apex deutlich verändert (siehe Abb.1).

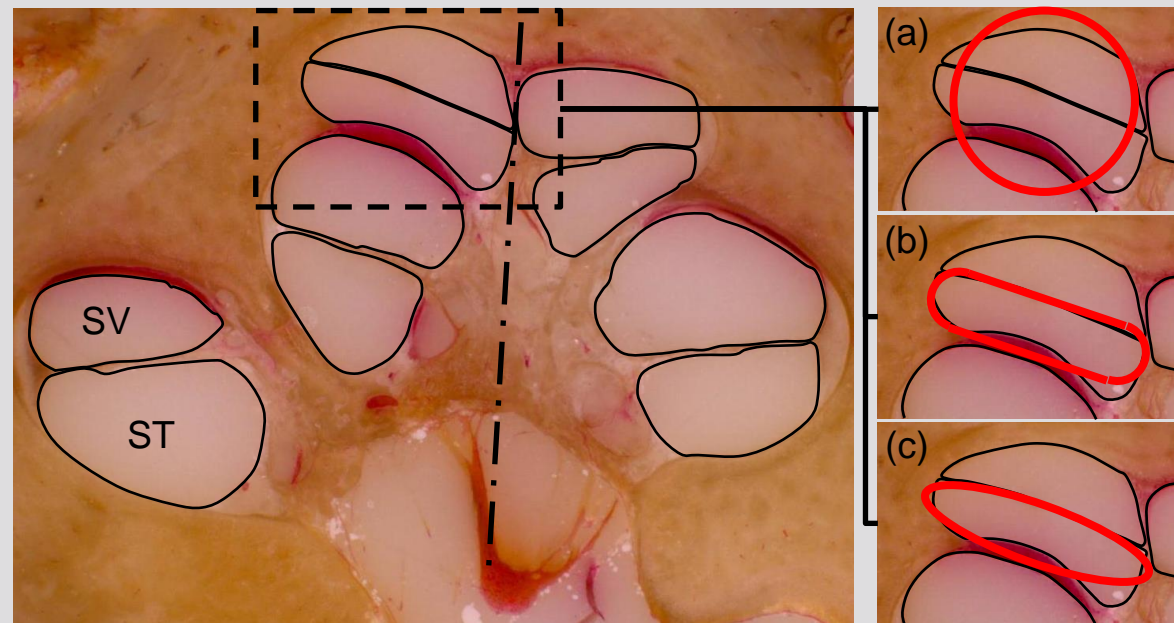


Abb. 1: Cochlea-Vereinfachungen (in rot) nach [1,2] (a), [3] (b) und [4] (c)

## Material und Methoden

Nach der manuellen Segmentierung [5] werden tangential aneinander anschließende Kreisbogensegmente verwendet (nach [6]), welche die Querschnittsgeometrien der Skalen nachbilden. Durch die Anzahl der zu verwendenden Bogensegmente  $n$  lässt sich der Grad der Vereinfachung variieren. Die vom Anwender festgelegte Anzahl der Segmente wird dabei so auf die reale Geometrie verteilt, dass die rekonstruierte Kontur den realen Querschnitt bestmöglich widerspiegelt (siehe Abb. 2).

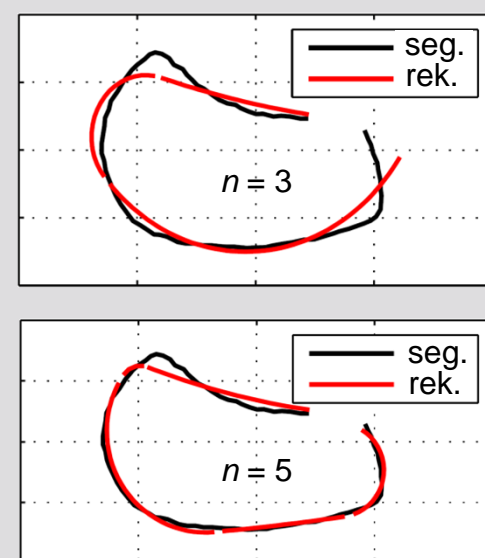


Abb. 2: Kreisbogen-Rekonstr.

## Ergebnisse

Die Methodik – bestehend aus Segmentierung [5], Verarbeitung und Modellbildung – liefert schon bei einer geringen Anzahl von Kreissegmenten (siehe Abb.4) sehr gute Ergebnisse. Die Modelle lassen sich aber im Gegensatz zur Verwendung der originalen Geometrie problemlos in andere numerische Tools (z.B. zur Finite-Elemente-Analyse) für weitergehende Studien importieren.

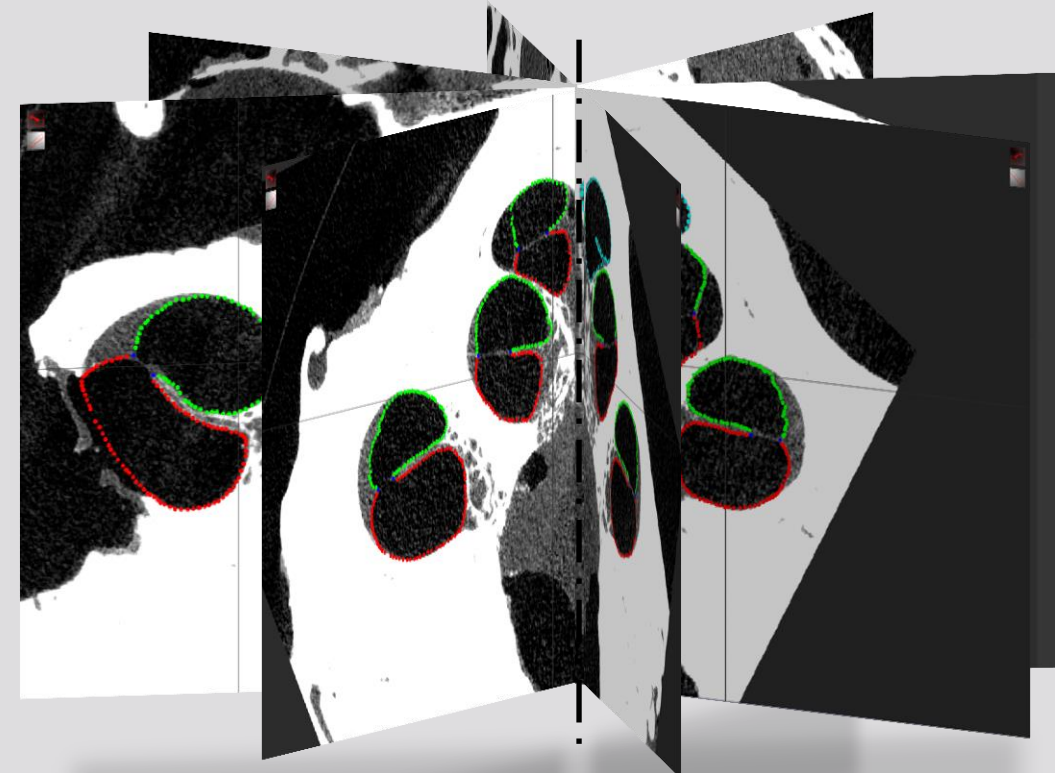


Abb. 3: Segmentierung über die an der Medizinischen Hochschule Hannover entwickelte Software COMET (siehe auch [5])

Kreisbogen-Rekonstruktion

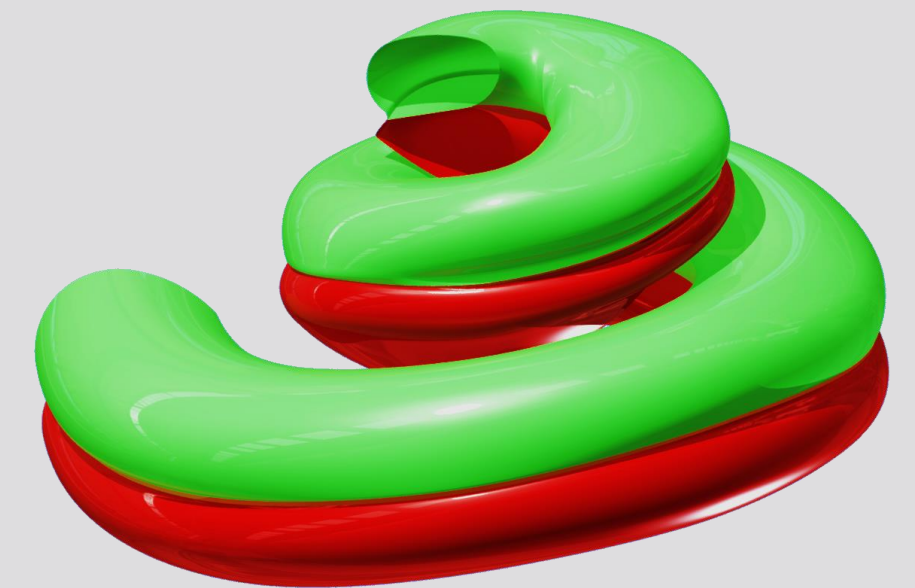


Abb. 4: Rekonstruktion der segmentierten Geometrie mit  $n=4$  Kreisbogensegmenten

## Schlussfolgerung

Durch die präsentierte Modellierungsmethodik lässt sich die wahre Geometrie der Cochlea so weit vereinfachen, wie es für den angestrebten Verwendungszweck erforderlich ist. Die Methodik spiegelt die wahre Cochleageometrie im Vergleich zu anderen Ansätzen, welche lediglich die Größe und Orientierung einer vorgegebenen Struktur an den Querschnitt der Cochlea anpassen [1-4], deutlich besser wieder. Gerade die Veränderung der Geometrie vom basalen zum apikalen Bereich wird durch die optimierte Anpassung der Kreissegmente sehr gut berücksichtigt.

## Literatur/Quellenangaben

- [1] Yoo, S.K.; Wang, G.; Rubinstein, J.T.; Skinner, M.W.; Vannier, M.W. (2000): *Three-dimensional modeling and visualization of the cochlea on the Internet*, IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, 4(2):144-151
- [2] Yoo, S.K.; Wang, G.; Rubinstein, J.T.; Vannier, M.W. (2000): *Three-dimensional geometric modeling of the cochlea using helico-spiral approximation*, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 47(10):1392-1402
- [3] Zhang, J.; Roland, J.T.; Manolidis, S.; Simaan, N. (2009): *Optimal Path Planning for Robotic Insertion of Steerable Electrode Arrays in Cochlear Implant Surgery*, Journal of Medical Devices, 3:011001
- [4] Clark, J.R.; Warren, F.M.; Abbott, J.J. (2011): *A Scalable Model for Human Scala-Tympani Phantoms*, Journal of Medical Devices, 5:014501
- [5] Lexow, G.J.; Rau, Th.S.; Lenarz, Th.; Majdani, O.: *Radialschnittvisualisierung der Cochlea auf tomografischen Bilddaten*, 14. Jahrestagung der Deutschen Akademie für HNO-Heilkunde, Kopf- und Hals-Chirurgie e. V., 13.-16.5.2015, Berlin
- [6] Kása, I.: *A Circle Fitting Procedure and Its Error Analysis*, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, IM-25(1): 8-14