Ein virtuelles Trainingssystem für endoskopische Longitudinal-Ultraschalluntersuchungen

Silke Hacker[1], Ulf Tiede[1], Eike Burmester[2], T. Leineweber[2], Karl Heinz Höhne[1]

[1]Institut für Mathematik und Datenverarbeitung in der Medizin, Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Martinistr. 52, 20246 Hamburg
[2]Abteilung für Hepatologie und Gastroenterologie, Medizinische Klinik, Städtisches Krankenhaus Süd, Kronsforder Allee 71-73, 23560 Lübeck
Email: hacker@uke.uni-hamburg.de

Zusammenfassung. Der endoskopische Ultraschall (EUS) dient zur Untersuchung des Magen-Darm-Traktes und angrenzender Organe. Mit Longitudinalscannern werden gute Ergebnisse bei der Charakterisierung und Einstufung von Tumoren erzielt. Diese Technik ist jedoch sehr schwierig zu erlernen, da durch die Flexibilität des Schallkopfes für den Mediziner ungewohnte Schnittbilder erzeugt werden. Mit dem hier vorgestellten EUS-Trainingssystem, das auf dem Visible Human Datensatz basiert, soll der Lernaufwand dieser Technik reduziert werden. Es können EUS-Untersuchungen in Speiseröhre, Magen und Zwölffingerdarm erprobt werden. Mittels der integrierten Wissensbasis kann die Anatomie so gelernt werden, wie sie auf dem Ultraschallbildern erscheint. Diese Kenntnisse sind für die Interpretation der Bilder und somit für einen sinnvollen Einsatz der Technik unerlässlich.

1 Medizinischer Hintergrund

Der seit ca. 20 Jahren in der Klinik praktizierte endoskopische Ultraschall (EUS) ist eine Kombination aus Endoskopie und Ultraschall, wobei der Ultraschallkopf an der Spitze eines Endoskops fixiert ist. Durch Einbringen des EUS-Gerätes in den Magen-Darm-Trakt ist nicht nur eine endoskopische Untersuchung der Wandstrukturen möglich, sondern auch mit Hilfe des Ultraschalls eine Beurteilung der Wandschichtung und angrenzenden Organe. Die Idee hinter EUS ist, den Ultraschallkopf möglichst nahe an die zu untersuchenden Organe heranzuführen, so dass hochfrequente Schallwellen (5-20 MHz) verwendet werden können, die nur eine geringe Eindringtiefe haben. Mit diesen hochauflösenden Schallwellen kann eine wesentlich bessere Charakterisierung und Stadieneinteilung von Tumoren erzielt werden [1].

Prinzipiell werden zwei unterschiedliche EUS-Techniken verwendet, Radial- und Longitudinal-EUS. Die klassischen, in den Anfangsjahren ausschließlich verwendeten *Radialscanner*, bei denen die Ultraschallachse 90 Grad zur Endoskopachse liegt, erzeugen überwiegend ein 360 Grad Radialbild. Bei diesen Scannern werden daher je nach Lage des Gerätes vorwiegend Querschnitte durch den menschlichen Körper erstellt. Die Orientierung mit den Radialscannern ist deutlich einfacher, da sie ähnliche Bilder wie gewohnte Schnittbildverfahren wie z.B. das CT erzeugen.

Die erst Anfang der neunziger Jahre entwickelten *Longitudinalscanner*, bei denen die Ultraschallachse parallel zur Endoskopachse ist, erzeugen ein longitudinales Sektorbild. Der Vorteil dieser Schallrichtung liegt u.a. darin, dass unter Ultraschallsicht Punktionsnadeln in krankhafte Befunde geführt werden können, so dass das gewonnene Material zytologisch/histologisch untersucht werden kann [2]. Dieses ist mit Radialscannern nicht möglich, da hier die Punktionsnadel längs aus dem Endoskop austritt und demnach den Ultrachallradius nur einmalig kreuzt.

Die Schnittführung der mit den Longitudinalscannern erzeugten Bilder ist für den Mediziner jedoch ungewohnt und erfordert ein hohes Maß an Erfahrung in der Orientierung. Diese muss hier ausschließlich anhand von inneren Landmarken erfolgen, da die Ausrichtung des Schallkopfes beim EUS, im Gegensatz zum konventionellen Ultraschall, nicht sichtbar ist. Hinzu kommt, dass durch die Flexibilität der Endoskopspitze unterschiedlichste Schnittführungen möglich sind, die keinem Anatomie-Atlas zu entnehmen sind. Die Kenntnis der Anatomie ist jedoch zur Interpretation der Bilder absolut zwingend. Damit zählt vor allem der longitudinale EUS zu der am schwierigsten erlernbaren Endoskopietechnik.

Hieraus resultiert der Wunsch, eine der longitudinalen EUS-Technik vergleichbare Simulation der Schnittbilder im anatomischen Präparat zu erreichen, um ein besseres Vorstellungsvermögen für die Lage der Sonde und die Schnittrichtung zu vermitteln.

2 Methode

Wir haben ein virtuelles EUS-Trainingssystem auf der Basis der VOXEL-MAN-Visualisierungsumgebung [3] entwickelt. Das zugrunde liegende dreidimensionale anatomische Modell basiert auf dem Visible Human Datensatz. Für sechs charakteristische Positionen in Speiseröhre, Magen und Zwölffingerdarm haben wir virtuelle EUS-Szenen vorberechnet, wobei ein erweitertes QuickTime VR Format verwendet wurde. Bei diesem Format wird eine zweidimensionale Bildmatrix erzeugt, wobei hier pro Szene 17 x 120 (= 2040) Einzelbilder berechnet wurden. Die beiden zur Verfügung stehenden Freiheitsgrade wurden für die Rotationsbewegungen des Schallkopfes benutzt, der sich 360° um die Endoskopachse und zusätzlich 32° um die Längsachse des Schallkegels rotieren lässt.

Jede Szene besteht aus einem dreidimensionalen Übersichtsbild, das die aktuelle Lage und Ausrichtung der Sonde in Relation zu wichtigen Leitstrukturen zeigt und der Orientierung dient, und dem dazugehörigen anatomischen Schnittbild. Das Schnittbild wurde mit einer Maske überlagert, so dass nur der Ausschnitt sichtbar ist, der auch bei einer EUS-Untersuchung zu sehen wäre.

Neben der reinen Bildinformation ist zusätzlich die Zugehörigkeit jedes Bildpunktes zu einem Organ gespeichert, um mittels der integrierten Wissensbasis ein Organ z.B. abfragen oder einfärben zu können (Konzept der intelligenten Filme [4]).

3 Ergebnisse

Die vorberechneten Szenen ermöglichen eine interaktive EUS-Simulation eines detaillierten dreidimensionalen anatomischen Modells. Das System läuft auf Standard PCs, ohne dass eine spezielle Hardware erforderlich ist.

Der Schallkopf lässt sich durch die Mausbewegung in zwei Richtungen rotieren. Obwohl nur zwei Freiheitsgrade für die Bewegung des Schallkopfes zur Verfügung stehen, hat es sich gezeigt, dass mit dem Bewegungsspielraum des Schallkopfes alle für die EUS wichtigen Organe und Strukturen erreicht werden können. Ebenso ist es gelungen, korrespondierende anatomische Schnittbilder zu realen EUS-Bildern zu erzeugen. Abb. 1 zeigt eine EUS-Aufnahme des Brustraumes, bei der sich der Schallkopf in der Speiseröhre befindet. In Abb. 2 ist die zugehörige VOXEL-MAN-Simulation zu sehen. Während bei der realen EUS-Darstellung die Orientierung sehr schwer fällt, wird die Situation bei dem simulierten Schnittbild viel verständlicher. Die Lage der Sonde in der Speiseröhre und die Ausrichtung des Fächers sind auf dem Übersichtsbild zu sehen.

Aufgrund der integrierten Wissensbasis können die in einer Szene sichtbaren Objekte jederzeit abgefragt, beschriftet oder auch eingefärbt werden, so dass deren Ausdehnung erkennbar wird. Ebenso kann man sich zu einem ausgewählten Objekt auch das Schnittbild suchen lassen, in dem es am besten zu sehen ist. Durch die Verknüpfung der EUS-Szenen mit einer Wissensbasis kann die Anatomie so erlernt werden, wie sie im Blickwinkel des Schallkopfes erscheint. Ein umfassendes Verständnis dieser speziellen Art der Anatomie ist neben der Kenntnis der Prinzipien der Ultraschalltechnik für eine optimale Interpretation von EUS-Aufnahmen unerlässlich.

4 Schlussfolgerungen

Die Longitudinal-EUS-Technik kann in der Praxis bei der Diagnose von Karzinomen sehr gute Erfolge aufweisen. Einen sinnvollen Umgang mit dieser Technik erfordert jedoch ein hohes Maß an Erfahrung. Mit dem vorgestellten virtuellen EUS-Trainingssystem soll der Lernaufwand reduziert werden, indem die Orientierung anhand von Leitstrukturen geschult wird und spezielle Anatomiekenntnisse vermittelt werden.

Das System ist sinnvoll für den Anfänger für ein sicheres Erlernen der EUS-Technik, kann aber auch als Referenzsystem für den Experten von großem Nutzen sein.

Als Weiterentwicklung des Trainingssystems wäre eine Simulation von Ultraschallaufnahmen aus den anatomischen Farbschnittbildern denkbar. Die Berechnung solcher Bilder ist bisher jedoch noch nicht zufriedenstellend gelöst

Literatur

1. H. Snady, “Role of endoscopic ultrasonography in diagnosis, staging, and outcome of gastrointestinal diseases,” *The Gastroenterologist*, pp. 91–110, 1994.
2. T. Rösch, U. Will, and K. Chang, eds., *Longitudinal Endosonography*. Berlin-Heidelberg: Springer, 2001.
3. K. H. Höhne, B. Pflesser, A. Pommert, M. Riemer, T. Schiemann, R. Schubert, and U. Tiede, “A new representation of knowledge concerning human anatomy and function,” *Nat. Med.*, vol. 1, no. 6, pp. 506–511, 1995.
4. R. Schubert, B. Pflesser, A. Pommert, et al., “Interactive volume visualization using ‘intelligent movies‘,” in *Proc. MMVR ’99*, vol. 62 of *Health Technology and Informatics*, pp. 321–327, Amsterdam: IOS Press, 1999.

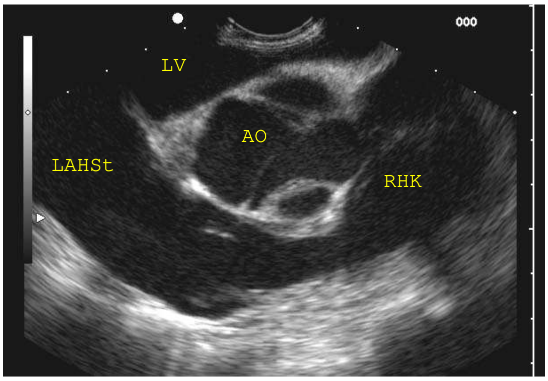

Abb. 1. Longitudiunales EUS-Sektorbild des vorderen Mediastinums mit Darstellung des linken Vorhofs (LV), der Aortenklappe (AO) und der rechten Herzkammer (RHK) mir dem Ausstrom des Lungenarterienhauptstammes (LAHSt)

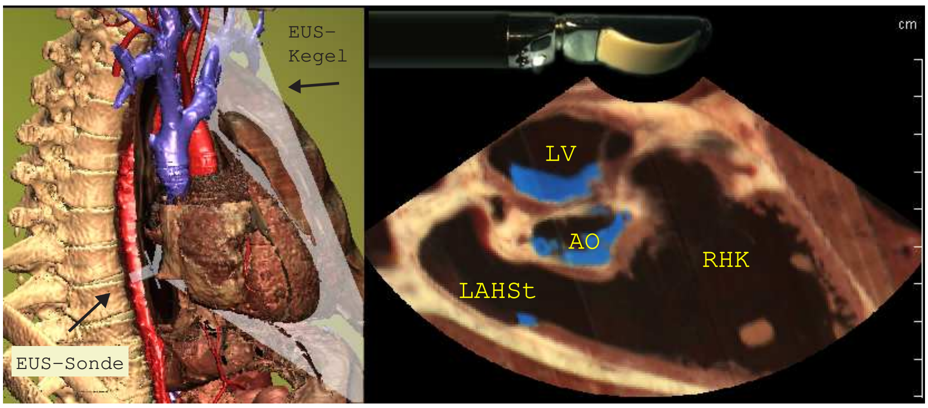

Abb. 2. Korrespondierende Simulation zu Abb. 1. Links: 3D-Übersichtsbild mit Sonde (positioniert in der Speiseröhre) und Schallkegel. Rechts: zugehöriges Schnittbild.