

Projektionsansichten zur Vereinfachung der Diagnose von multiplen Lungenrundherden in CT-Thorax-Aufnahmen

Volker Dicken¹, Berthold Wein², Henning Schubert², Jan-Martin Kuhnigk¹, Stefan Kraß¹ und Heinz-Otto Peitgen¹

¹ MeVis, Centrum für medizinische Diagnosesysteme und Visualisierung, Universitätsallee 29, 28359 Bremen

² Universitätsklinikum Aachen, Pauwelsstraße 30, 52057 Aachen
Email: dicken@mevis.de

Zusammenfassung. Neue Visualisierungstechniken zur Befundung von Rundherden in hochaufgelösten Thorax-CT-Daten aus Mehrzeilen-Scannern werden vorgestellt. Sie basieren auf einer Segmentierung der Lungenflügel und verschiedenen Projektionsansichten sowie nichtlinearer, anatomische Reformatierung der Daten. Insbesondere die Detektion kleiner Rundherde in der Nähe der Pleura oder des Mediastinums kann damit erleichtert werden.

1 Einleitung

Aufgrund von Fortschritten in der CT-Scannertechnologie steigt die Anzahl zu befundender Schichtbilder in der Lungendiagnostik stark an. Aktuelle klinische Scanner liefern Datenmengen von über 400 Schichten im Format 512x512. Im Laboreinsatz wird mit bis zu 2000 Schichten 1024x1024 gearbeitet. Diese in konventioneller Betrachtung axialer Einzelschichten zu befunden ist zeitraubend und anstrengend, Volumenrendering-Techniken werden daher zunehmend eingesetzt. Alternativ oder ergänzend dazu kann durch den Einsatz von Projektionsansichten vorsegmentierter Lungenflügel, die Anzahl der für die Befundung zu betrachtender Bilder reduziert werden.

Hervorhebungen tumorverdächtiger Regionen, welche optisch im Rahmen der Geräteauflösung mit dem Rand verbunden sind und als linsenförmige oder runde Auflage der Pleura erscheinen sind von besonderem Interesse.

Durch Einführung hochauflösender CT-Protokolle und Bestrebungen, Niedrigdosis-Thorax-CT für Screening bei Lungenkrebs-Risikogruppen (starke Raucher, Asbestverarbeiter) zu etablieren, haben sich mehrere Gruppen, insbesondere in den USA und Japan [1,2,3], mit der Rundherddiagnostik im Lungen-CT befasst. Die meisten Ansätze zielen dabei auf automatische Detektion verdächtiger Strukturen.

Die klinische Radiologie hat in der Lungen-CT-Diagnostik durch die Einführung von Thinslab-Maximum-Intensity Projektionen (Thinslab-MIP [4,5]) einen Weg gefunden, mit den anfallenden Datenmengen umzugehen. Der Zeitaufwand

zur Befundung vergrößert sich dennoch durch bessere Aufnahmeprotokolle erheblich.

Die koordinatenachsenparallelen Schichtbilder und Thinslab-MIPs zeigen in der Regel Anteile unterschiedlicher Regionen der Lunge. In der Hilusregion können selbst große Tumoren zwischen den großen Gefäßen übersehen oder nur schwer abgegrenzt werden. Im Lungenparenchym gibt es evtl. freistehende Rundherde und nahe der Pleura erscheinen Tumoren eher als scheinbare Verdickung des Rippen- oder Zwerchfells. Die Abgrenzung zwischen Tumoren und gesundem Lungengewebe in den verschiedenen Regionen ist sehr unterschiedlich. Durch die Notwendigkeit nach verschiedenartigen Kontrasten gleichzeitig zu suchen, wird die Aufmerksamkeit des Radiologen bei konventioneller oder Thinslice-MIP Befundung stark beansprucht.

2 Methoden

Diese Arbeit zielt darauf, die Zahl zu betrachtender Bilder in der Lungen-Rundherddiagnostik zu reduzieren und die Sichtbarkeit kleiner pleuraständiger Tumoren deutlich zu erhöhen. Ferner sollen neue Ansichten dem Radiologen die Zuordnung der Rundherde zu den Lungensegmenten erleichtern, eine automatische Detektion ist nicht Gegenstand unserer Arbeit.

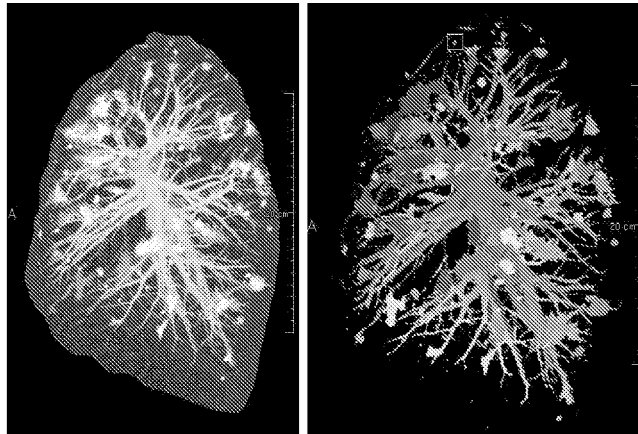
Vorverarbeitung für Lungen-Projektionen. Die Lungenflügel sowie die Hauptbronchien werden durch Vorverarbeitung mit Region-Growing und Watershed-Methoden automatisch segmentiert (Dauer: 2-3 min, Lungen-CT, 400 Schichten, 512x512 auf einem Standard-PC). Daran schließt sich die interaktiv durchführbare Bestimmung von MIP, MIP-Distanz sowie Objekt-Distanz-Projektion der Lungenflügel an (s.u.). In diesen Projektionsansichten wird nach verdächtigen Strukturen gesucht. Klickt man diese an, wird eine parallel dargestellte axiale Schicht so aktualisiert, dass die Struktur auch in vertrauter Ansicht beurteilbar wird.

MIP-Projektionen der vorsegmentierten Lunge. Die MIP-Projektion der vorsegmentierten Lunge zeigt ein leicht verständliches Bild der Lunge (s. Abb. 1), das von Rippen und mediastinalen Strukturen befreit ist, welche ansonsten die Aufmerksamkeit auf Grund ihrer Helligkeit auf sich ziehen.

Bei den MIP-Distanzbildern werden ausschließlich Strukturen innerhalb des Lungenflügels, welche heller als ein interaktiv veränderbarer Schwellwert sind, projiziert. Anstelle des Wertes des hellsten Voxels in Projektionsrichtung wird sein Abstand vom Rand des Volumens farbkodiert dargestellt. Eine derartige Darstellung aus sagittaler Absicht ergänzt um Projektionen oder Markierungen bereits segmentierter Tumore eignet sich auch als Übersichtsbild für die Befundung von Patienten mit multiplen Metastasen.

Oberflächendistanzbilder. Die Detektion pleuraständiger Tumoren ist in den MIP-Bildern unmöglich, da diese Tumoren bei der Segmentierung der Lungenflügel schon als dem Rippenfell oder Zwerchfell zugehörig klassifiziert werden und nicht in den vorsegmentierten Lungendaten enthalten sind. Solche Tumoren verursachen Veränderungen der segmentierten Lungenoberfläche. Diese werden

Abb. 1. Links: Maximum-Intensity-Projektion (MIP) einer vorsegmentierten Lunge mit diversen kalzifizierten Rundherden. Rechts: Falschfarbenkodierte Distanzinformation zur MIP.



sichtbar (s. Abb. 2), wenn bei der Projektion der Abstand zur segmentierten Oberfläche der Lunge bestimmt wird und lokale Veränderungen im zunächst glatt erscheinenden Distanzbild durch Gradientenfilterung hervorgehoben werden.

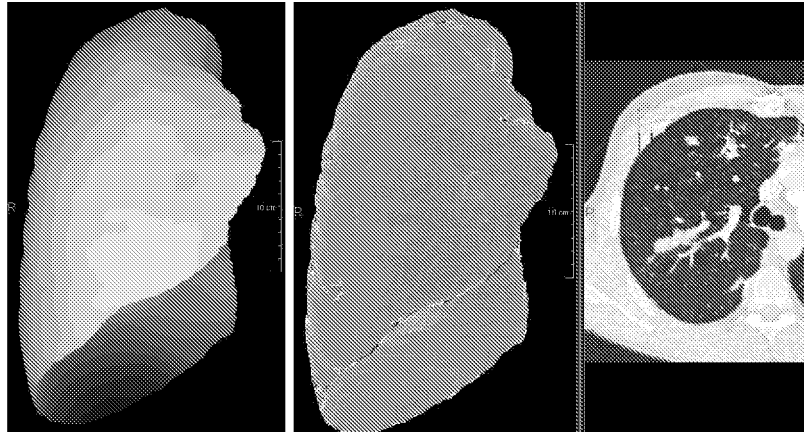
Patientenindividuelle, nichtlineare, anatomische Reformatierung.

Ausgehend von der segmentierten Oberfläche können Volumendaten auf eine neue Art dargestellt werden. Die Zeilen des Datensatzes werden so gegeneinander verschoben, dass Voxel an der Oberfläche der Lunge in einer Schicht senkrecht zur Blickrichtung liegen. Die im Original gekrümmten Schichten werden schichtweise betrachtet. Gewissermaßen wird ein krummliniges, patientenindividuelles Koordinatensystem zur Reformatierung der Daten verwendet. Dafür verwenden wir den Begriff *anatomische Reformatierung*. Der Vorteil der anatomisch reformatierten Schichten ist, dass sie nur Voxel gleichen Abstands zur Organgrenze zeigen, welche meist in ähnlicher anatomischer Umgebung liegen.

Durch bidirektionale Synchronisation zwischen den Projektionsansichten zum leichteren Auffinden verdächtiger Strukturen und den vertrauten axialen Schichten kann die neue Darstellung in etablierte Befundungsabläufe eingebunden werden.

Synchronisierte lokale 2D und 3D Ansichten. Lokales Volumenrendering der Umgebung verdächtiger Strukturen erlaubt eine zuverlässigere Beurteilung. Das Rendering wird durch Selektion eines Punktes gestartet. Eine Segmentierung des Rundherds zur Bestimmung des Volumens sowie weiterer morphologischer und statistischer Parameter kann sich anschließen. Alternativ kann eine Umgebung des selektierten Punktes in Zoomansicht oder MPR-Schichten detailliert inspiziert werden.

Abb. 2. Links: Distanzbild aus sagittaler Ansicht. Rechts: Durch Gradientenfilterung werden diverse pleuraständige Rundherde hervorgehoben.



3 Ergebnisse

Datenmaterial. Eine Serie von 30 Datensätzen von Lungenpatienten wurde mit Projektionsansichten betrachtet. Davon waren 8 Datensätze mit hochauflösenden Protokollen (ca. 300 Schichten) aufgenommen. Die Software ist beim klinischen Partner installiert, eine quantitative klinische Bewertung des Softwareassistenten steht noch aus.

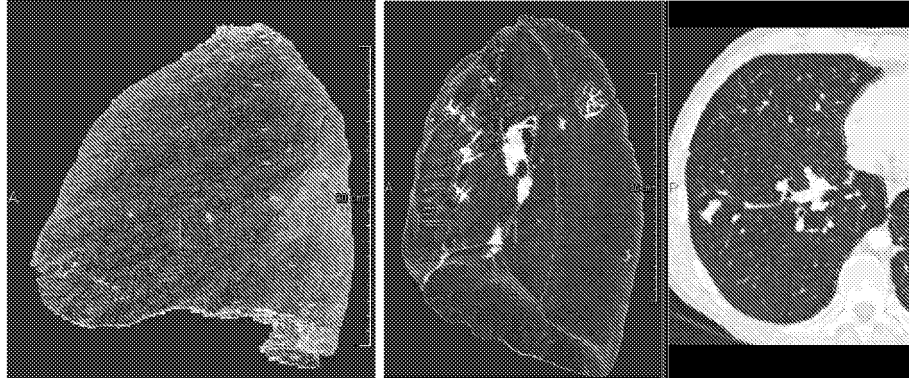
Befunde basierend auf MIP-Ansichten. Die Standard-MIP-Projektionen aus 3 orthogonalen Ansichten der vorsegmentierten Lungenflügel erlauben eine rasche Detektion und gute räumliche Zuordnung aller größeren Tumore. Analoge Minimum-Intensity Projektion kann bei Verdacht auf emphysematische Erkrankungen einen guten Überblick bieten. Aus Gründen der algorithmischen Effizienz für eine interaktive Anwendung und Standardisierung der Benutzerführung wurde auf nicht-achsenparallele Ansichten verzichtet.

Der durch die Projektion bedingte Informationsverlust in einer Dimension bei MIP-Ansichten kann durch Farbkodierung des MIP-Distanzbildes, d.h. des Abstands zum Rand der Daten des hellsten Voxels in Blickrichtung, partiell aufgefangen werden.

Befundung von Oberflächenansichten und anatomischer Reformatierung. Die Hervorhebung von Unregelmäßigkeiten in der Oberflächenstruktur durch die Oberflächen-Distanzbilder der Lunge erlaubt eine einfache Beurteilung pleuraständiger Veränderungen.

Die auf gleichen Abstand zur Lungenoberfläche transformierten CT-Daten sind für gesunde Patienten sehr homogen. Jegliche pathologische Veränderung nahe der Lungenoberfläche wird darin deutlich sichtbar. In sagittaler Ansicht ist die Zuordnung einer selektierten Position zu den Lungenlappen leicht. Auch eine

Abb. 3. Diverse oberflächennahe kleine Rundherde in anatomischer Reformatierung.



exakte Segmentzuordnung ist durch vereinfachte Verfolgung der Gefäße bis zum Hilus leichter als in axialer Thinslice-MIP-Ansicht.

4 Diskussion

Wir stellen eine Alternative oder Ergänzung zur Thinslice-MIP zur Befundung von hochauflösten Thorax CT-Daten basierend auf einer Vorsegmentierung der Lungenflügel und Nutzung organspezifischer Koordinatensysteme zur Darstellung der Daten vor. Die Darstellung in Kombination mit vertrauten Schichtbildern eröffnet dem Arzt neue Möglichkeiten, große Datenmengen zu betrachten. Wir erwarten, dass mit entsprechender Einarbeitung und optimierter Nutzerführung die Bearbeitungszeit und Sicherheit einer Befundung gesteigert werden kann.

Literaturverzeichnis

1. Yankelevitz DF, Reeves AP, Kostis WJ, et al.: Small Pulmonary Nodules: Volumetrically Determined Growth Rates Based on CT Evaluation; *Radiology*, 217: 251-256, 2000.
2. Ko JP and Betke M: Chest CT: Automated Nodule Detection and Assessment of Change over Time- Preliminary Experience.; *Radiology*, 218, 267-273, Jan. 2001.
3. Kanazawa K, Katawa Y, Niki N et al. Computer-aided diagnosis for pulmonary nodules based on helical CT images. *Comp. Med. Imag. Graph.* 22: 147-167, 1998.
4. Napel S, Rubin GD, Jeffrey RB Jr. STS-MIP: a new reconstruction technique for CT of the chest. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 17(5):832-8 Sep-Oct 1993.
5. Eibel R, Turk TR, Kulinna C , et al.: Multidetector-row CT of the lungs: Multiplanar reconstructions and maximum intensity projections for the detection of pulmonary nodules. *Rofo. Fortschr. Geb. Rontgenstr. Neuen Bildgeb. Verfahr.* 173(9):815-21, Sep 2001.