

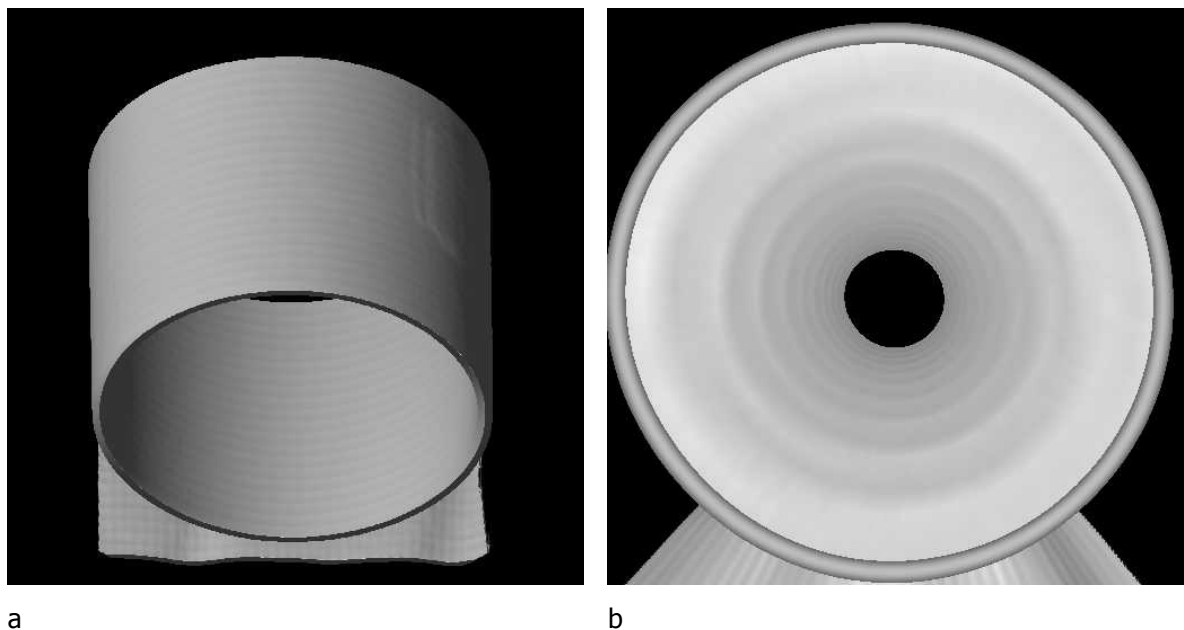
1.0 Einleitung

Dreidimensionale Darstellungen von Organen gewinnen in der diagnostischen Radiologie zunehmend an Bedeutung. Zu Beginn der 90er Jahre war die Qualität von Oberflächendarstellungen aus Bilddaten von Computer- oder Kernspintomographen beeinträchtigt durch beträchtliche Artefakte und begrenzte räumliche Auflösung. Die Ursache lag in der bis dahin fehlenden Möglichkeit der Computertomographie, Schichtbilder mit dünner Dicke präzise aneinander liegend von sich bewegenden Objekten aufnehmen zu können, und in der Datenakquisitionstechnik der Kernspintomographie, die überwiegend während durchgehender Atmung erfolgte. Mit Einführung der Spiral-CT-Technik [1,2] wurde erstmals möglich, größere zusammenhängende Körperbereiche in einem Atemstillstand bei vertretbar dünner Schicht nahtlos zu untersuchen. Daraus ergaben sich nicht nur neue diagnostische Horizonte in der Genauigkeit der Modalität zur Detektion kleiner Pathologien in bewegten Organen, zum Beispiel Metastasen in der Leber [3-5] oder in der Lunge [6], sondern auch neue Impulse bei der Entwicklung zwei- und dreidimensionaler Nachverarbeitungstechniken [7-9]. 1994 stellte Vining eine neue Nachverarbeitungstechnik vor, womit täuschend realistische, eine fiberoptische Endoskopie imitierende Bilder als endoluminale Darstellungen von Hohlorganen möglich wurden [10,11]. Das Prinzip der als „virtuelle Endoskopie“ bezeichneten Technik war einfach: statt einer bis dahin üblichen, die Geometrie erhaltenden räumlichen Darstellung erfolgt die Berechnung einer natürlichen perspektivischen Verzerrung des Objektes, zusammen mit Lichteffekten, welche eine Beleuchtung eines Hohlorgans durch eine endoskopische Lichtquelle simulieren. Nach starker Vergrößerung entstehen Bilder, die dem Betrachter suggerieren, „innerhalb“ des Organs zu sitzen und die Oberflächen von innen betrachten zu können (Abbildung 1). Da die Computertomographie bis heute das bildgebende Verfahren mit der höchsten ortstreuigen Abbildung darstellt und der natürliche Absorptionsunterschied für Röntgenstrahlen zwischen Luft und Weichteilen hoch ist, lag es nahe, die ersten Anwendungen der neuen Nachverarbeitungstechnik am luftgefüllten Dickdarm und der Trachea anzuwenden.

Eine rasante technische und klinische Entwicklung begann, vor allem die Suche nach neuen Anwendungsgebieten der virtuellen Endoskopie; kaum ein Hohlorgan war nicht Gegenstand von Studien mit dem Ziel, die Machbarkeit der virtuellen Endoskopie zu prüfen und den klinischen Nutzen der neuen Technik zu erarbeiten [12]. Stets stand dabei die Frage im Vordergrund, welchen diagnostischen Wert eine virtuell-endoskopische Darstellung haben kann,

wenn es sich bei der Technik „nur“ um eine Nachverarbeitung bereits existierender Schichtbilder handelt. Mehr diagnostische Information kann durch Nachverarbeitung nicht entstehen, wenn sie nicht schon in den ursprünglichen Bilddaten enthalten ist. Wozu also der Aufwand, wozu der Einsatz ultraschneller Rechner für eine Nachverarbeitung ohne Informationsgewinn?

Abbildung 1



Kunststoff-Phantom mit 3 cm Durchmesser als dreidimensionale Oberflächendarstellung (a) und mit Berechnung einer perspektivischen Verzerrung von 90° (b) zur Erzeugung eines endoskopischen Bildeindrucks. Man beachte auch, dass in der endoluminalen Darstellung das Phantom deutlich tiefer aussieht als in der geometrietreuen Rekonstruktion (a).

Aus einer Untersuchung des Abdomens im Spiral-CT entstehen nach überlappender Rekonstruktion und bei relativ dünner Schichtführung von zum Beispiel 3 mm etwa 150-180 axiale Schnittbilder. Eine Betrachtung am Monitor einer Befundungskonsole erlaubt eine schnelle Übersicht, aber auch eine Detailbetrachtung zum Beispiel von Polypen des Kolons, die entsprechende Untersuchungstechnik mit Luftfüllung des Kolons vorausgesetzt. Nach kurzer Einarbeitung kann sich der geübte Radiologe im Kopf ein dreidimensionales Bild erstellen. Durch die Einführung der Mehrschicht-Spiral-CT mit der Möglichkeit, die Schichtdicke auf

1 mm zu reduzieren bei gleichzeitiger Beschleunigung der gesamten Untersuchung, entstehen aus einer Abdomenuntersuchung zwischen 500 und 800 Bilder. Eine Betrachtung kann sinnvoller Weise nur noch am Bildschirm erfolgen; die Anzahl der Schichten überfordert jedoch schnell die Fähigkeit der meisten Befunder, im Kopf ein dreidimensionales Bild zu erstellen. In diesem Sinne stellt eine dreidimensionale Darstellung eine „Informationskompression“ oder auch „Informationsextraktion“ dar, wodurch es gelingen kann, schnell und organ- oder fragestellungsbezogen ein großes Datenvolumen zu durchforsten.

Der eigentliche diagnostische Gewinn liegt demnach nicht in der neuartigen Nachverarbeitungstechnik, sondern in der technischen Verbesserung der zugrunde liegenden Originaldaten, welche heute vor allem in der Computertomographie eine isotrope Geometrie aufweisen. Die Nachverarbeitung stellt eine Hilfestellung für den Befunder dar, aber auch ein Werkzeug zur Befunddokumentation: in klinischen Konferenzen wird man kaum 800 Bilder präsentieren können, um zum Beispiel die räumliche Beziehung eines Dickdarmpolypen in Relation zum Restdarm darzustellen. Die klinische Akzeptanz einer Untersuchungsmethode hängt auch von der Möglichkeit ab, Befunde verständlich präsentieren und dokumentieren zu können. Im Folgenden sollen die technischen Grundlagen der virtuellen Endoskopie und die damit verbundenen Voraussetzungen der Bildgebung mit Bezug auf die Computertomographie analysiert und erörtert werden, gefolgt von klinischen Studien an der Nase und den Nasennebenhöhlen, dem Tracheobronchialbaum, dem Dünn- und Dickdarm.