

# Entwicklung eines Navigationssystems für die endoluminale Brachytherapie

I. Wegner<sup>1</sup>, M. Vetter<sup>1</sup>, M. Schoebinger<sup>1</sup>, I. Wolf<sup>1</sup>, W. Harms<sup>2</sup>,  
H. D. Becker<sup>3</sup> und H.-P. Meinzer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abteilung für Medizinische und Biologische Informatik,  
Deutsches Krebsforschungszentrum, 69120 Heidelberg

<sup>2</sup>Klinik für Radioonkologie, Universitätsklinik Heidelberg, 69120 Heidelberg

<sup>3</sup>Thoraxklinik am Klinikum der Universität Heidelberg, 69126 Heidelberg  
Email: i.wegner@dkfz-heidelberg.de

**Zusammenfassung.** Die endoluminale Brachytherapie bei peripher gelegenen Bronchialkarzinom wurde bisher durch die Komplexität der Positionierung eines durch ein Bronchoskop geleiteten Katheters erschwert. Ferner erlaubt die Größe des Bronchoskops nur selten das Eindringen in die feinen Segmentbronchien. Dies soll nun dadurch ermöglicht werden, indem ein iterativ registrierendes Navigationssystem dem behandelnden Lungenspezialisten den Leitpfad zum Zielbronchus anzeigt. Hierdurch kann ein dünner Katheter mit einer einliegenden Navigationssonde zeitlich optimiert bis zum Zielbronchus geführt werden.

## 1 Einleitung und medizinischer Hintergrund

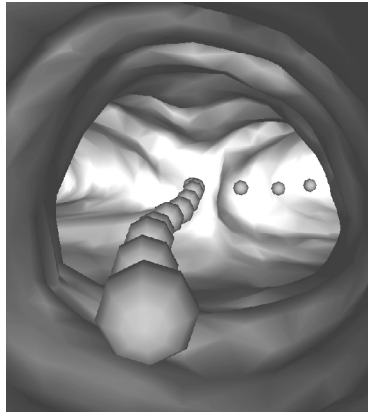
In den letzten Jahren wird u.a. durch eine Veränderung der Rauchgewohnheiten (Filterzigaretten, Light-Zigaretten) eine steigende Inzidenz von Adenokarzinomen und weiter peripher gelegenen Bronchialkarzinomen beobachtet [1]. Einen viel versprechenden strahlentherapeutischen Ansatz stellt die Einführung der stereotaktischen Bestrahlung der Lunge dar. Nachteil dieser Methode ist allerdings der erhebliche technische und zeitliche Aufwand (Vollnarkose unter Hochfrequenz-Jet-Beatmung). Ein weiterer Ansatz ist die Anwendung einer navigierten endoluminalen Bestrahlung mittels Brachytherapie [2]. Dabei wird ein radioaktiver Strahler durch einen Katheter für einen geplanten Zeitraum direkt im Tumor platziert. Aufgrund des steilen Dosisabfalls der Strahlenquelle (Ir192) können hochkonformale Dosisverteilungen erreicht werden, die es erlauben, umliegende Normalgewebe zu schonen und hohe Dosen an Tumoren zu applizieren. Bisher konnte eine Brachytherapie nur bei zentral gelegenen Bronchialkarzinomen eingesetzt werden. Der Bestrahlungskatheter wird hierzu von einem Lungenspezialisten mit Hilfe einer konventionellen Bronchoskopie eingeführt. Aufgrund der starken Verästelung des Bronchialbaumes und dem damit verbundenen Problem, den richtigen Weg zu weiter peripher gelegenen Lungentumoren zu finden, konnte die endoluminale Bestrahlung bisher nur bei Tumoren bis zu Ebene der 2. Segmentbronchien durchgeführt werden. Abhilfe schafft hier der Einsatz eines elektromagnetischen Navigationssystems, welches während der Bronchoskopie

den Weg zu weiter peripher gelegenen Regionen anzeigt. Elektromagnetische Trackingsysteme mit sehr kleinen Empfangsspulen, die die Position einer Katheterspitze ohne direkte Sicht lokalisieren, sind heute kommerziell erhältlich (z.B. AURORA, Northern Digital Inc.; Waterloo, Ontario, Canada) und zeigen bereits eine hohe Treffergenauigkeit. Sie müssen aber bezüglich des Umgangs in sich ständig bewegenden Weichteilgeweben, hier der Lunge, und der Anzeige eines zuvor geplanten Zielpfades erweitert werden. Eine auf CT-Bilddaten basierende Navigation für die Bronchoskopie wird erstmals von der Firma Superdimension (Herzliya, Israel) [3][4] angeboten. Die Registrierung der Katheterspitze mit den präinterventionell aufgenommenen Bilddaten erfolgt hier durch die Definition von meist fünf anatomischen Landmarken. Jedoch erschwert die kontinuierliche Ventilation der Lunge und die damit einhergehenden Translokationen des Bronchialbaums die Bestimmung der exakten Lagebeziehung zwischen der Katheterspitze und dem Bronchialbaum erheblich. Auch der Ansatz, die Atembewegung durch auf dem Brustkorb angebrachte Marker zu detektieren und bei der Lagebestimmung zu berücksichtigen, führt beim klinischen Einsatz dieses Systems noch zu unbefriedigenden Ergebnissen. Insbesondere in der Peripherie des Bronchialbaums bedarf es einer Verbesserung hinsichtlich der Genauigkeit, so dass eine vom Arzt gewünschte Fusion von Videobild und virtueller Pfadführung ermöglicht wird. Hierbei ist nicht nur die initiale Positionierung des Bestrahlungskatheters von großem Interesse, sondern auch die Kontrolle seiner Position über den Behandlungszeitraum hinweg.

## 2 Methoden und Workflow

Unter Gebrauch des Open Source Toolkits MITK (Medical Imaging Interaction Toolkit [5]) wird derzeit das Navigationssystem ARION (Augmented Reality for intraoperativ Navigation [6]) für die Bronchoskopie bzw. Brachytherapie erweitert. Mit der entwickelten Applikation können alle für die Planung, Berechnung und Durchführung notwendigen Schritte durchgeführt werden. Zunächst wird der Bronchialbaum mit besonderem Augenmerk auf untere Generationen extrahiert. Das Ergebnis wird in eine mathematische Beschreibung überführt [7]. Zugleich kann eine für die Operation wichtige Region (Karzinom) durch den Gebrauch interaktiver Werkzeuge segmentiert werden. Unter 2D- und 3D-Ansicht auf den Bronchialbaum und der weiteren Segmentierung deklariert ein Lungenspezialist daraufhin interaktiv den Start- und Endpunkt des erwünschten Leidpfades, worauf der errechnete Pfad aus der mathematischen Beschreibung errechnet und unmittelbar angezeigt wird. Auf Wunsch kann das Ergebnis interaktiv verändert werden. Während der Intervention wird ein handelsübliches elektromagnetisches Trackingsystem (derzeit Aurora, NDI) verwendet, um die Position der Katheterspitze zu messen. Ein neuer, sukzessiver Registrierungsprozess verbessert die Genauigkeit in der Peripherie der Lunge. Die Position der Katheterspitze relativ zum Bronchialbaum, der Zielbronchus und der Pfad dorthin kann nun über 2D- und 3D-Ansichten angezeigt werden. Ebenfalls ist es durch erweiterte Rea-

**Abb. 1.** Orientierung im Bronchialbaum anhand eines Leitpfades. Der Pfad, z.B. durch Kugeln symbolisiert, wird mit dem Bronchoskopie- Videobild (hier zur Demonstration eine virtuelle Annäherung) kombiniert und in der Applikation angezeigt.



lität (Augmented Reality) möglich, den Zielpfad in das Bronchoskopie-Videobild einzublenden (s. Abb. 1).

### 3 Ergebnisse

Erste Versuche an einem beweglichen Lungenmodell haben gezeigt, dass durch die sukzessive Registrierung eine Verbesserung der Genauigkeit erreicht wird. Die Tests werden derzeit mit Aurora (NDI) und dem neuen MicroBird System (Ascension; Milton, Vermont, USA) durchgeführt. Die mathematische Repräsentation des Bronchialbaums ermöglicht einen schnellen und interaktiven Umgang mit den Daten. Die Visualisierung des Zielpfades kann auf die Gewohnheiten des Lungenspezialisten angepasst werden. Es stehen 2D-Schnittbilder und eine 3D-Ansicht auf den Bronchialbaum mit Zielpfad und der Katheterspitze zur Verfügung. Ferner zeichnet sich ab, dass ein bildgestütztes Navigationssystem, welches die Fusion von Bronchoskopie-Videobild mit Zielpfad vornimmt, eine deutliche Verbesserung für den Lungenspezialisten darstellt. Die Einblendung eines Leitpfades kann das mühsame und zeitaufwendige Aufsuchen der Zielregion deutlich verbessern und so die Belastung des Patienten durch kürzere Narkosezeiten verringern und evtl. den Verzicht auf Kontroll-CT zur Lageüberprüfung des Katheters ermöglichen. Selbst wenn das Bronchoskop aufgrund seiner Größe nicht weiter in die Peripherie gelangen kann, wird es durch die verbesserte Registrierung möglich sein, den Bestrahlungskatheter mittels virtueller Bronchoskopie weiter in die Peripherie zu leiten. Für die Brachytherapie bedeutet das eine verbesserte Lagebestimmung der Bestrahlungsprobe während der gesamten Therapie.

## 4 Diskussion

Bisher ist der Lungenspezialist dazu gezwungen, so lange den richtigen Weg in den zuvor geplanten Zielbronchus zu suchen, bis er gefunden ist. Durch das neue, in der Entwicklung befindliche Navigationssystem folgt der Lungenspezialist dem im Videobild virtuell eingeblendeten Pfad bis zum Zielbronchus. Somit wird erstmals eine bildbasierte Navigationsunterstützung für die Bronchoskopie bzw. Brachytherapie realisiert. Hierbei ist die Immersion des Lungenspezialisten wie gefordert gering, da lediglich ein dünner Pfad in das gewohnte Bronchoskopie-Videobild eingezeichnet wird.

## Literaturverzeichnis

1. Stanley KE. Prognostic factors for survival in patients with inoperable lung cancer. *J Natl Cancer Inst* 1980;65:25–32.
2. Harms W, Becker HD, Krempien R, Wannenmacher M. Contemporary role of modern brachytherapy techniques in the management of malignant thoracic tumors. *Semin Surg Oncol* 2001;20:57–65.
3. Schwarz Q, Mehta AC, Ernst A, Herth F, Engel A, Besser D, et al. Elektromagnetic navigation during flexible bronchoscopy. *Respiration* 2003;70:516–522.
4. Superdimension. <http://www.superdimension.com/>; 2004.
5. Wolf I, Vetter M, Wegner I, Nolden M, Böttger T, Hastenteufel M, et al. The Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK). vol. 5367; 2004. p. 16–27.
6. Vetter M, Wolf I, Hassenpflug P, Hastenteufel M, Ludwig R, Grenacher L, et al. Navigationaids and Real-time deformation modeling for open liver surgery. vol. 5029; 2003. p. 58–68.
7. Schoebinger M, Thorn M, Vetter M, Cardenas CE, Hassenpflug P, Wolf I, et al. Robuste Analyse von Gefäßstrukturen auf Basis einer 3D-Skelettierung. In: *BVM*; 2003. p. 76–80.